الهندسة الصحية

دكتور

محمد رمزي علي

اهداءات ٢٠٠٢

أسرة المهندس/ حامد العوا

الاسكندرية

مجموعة الكتب الهندسية

الهندسة الصحية

دكتور
محمد علي علي فرج
أستاذ الهندسة الصحية - جامعة الاسكندرية

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزي وشركاه

بسم الله الرحمن الرحيم

اهـــداء

أن الغرض من تأليف هذا الكتاب هو جمع وتبسيط أسس أهم الفروع الهندسية الصحية وهى هندسة امداد المدن بالمياه وهندسة الصرف الصحى للمخلفات السائلة – تبسيطاً ييسر على القارىء سبل الإلمام بأهم نظرياتها وأسس تصميمها وتشغيلها .

فالى أبنائى طلبة الأقسام المدنية بكليات الهندسة بالجامعات العربية أقدمه راجياً أن يكون لهم عوناً فى دراساتهم وأن يجدوا فيه تيسيراً فى التحصيل والاستيعاب دون مشقة أو اجهاد .

وإلى زملائى المهندسين العاملين فى مجال الهندسة الصحية راجياً أن يجدوا فى هذا الكتاب – برغم ما فيه من ايجاز – ما يمكنهم لمزيد من الجهد الهادف لرفع مستوى مشروعات الهندسة الصحية .

وإلى إخوانى أعضاء هيئة التدريس بكليات الهندسة بالجامعات العربية راجياً أن يكون هذا الكتاب باكورة انتاج مشترك ، أكثر تفصيلا ، يهدف إلى متابعة رفع المستوى العلمى والتطبيقى للهندسة الصحية فى الجامعات العربيـــة .

وبعـــد ..

فانى أرجو الله أن يكون كتابى هذا اسهاماً منى فى نشر الاهتمام بالهندسة الصحية فى بلادنا بسد حاجة ماسة إلى كتاب عربى يجذب القارىء للاستزادة والتوسع فى هذا الفرع من العلوم الهندسية .

دكتور محمد على على فرج

المحتويات

مقدمة

الهندسة الصحية (Sanitary Engineering) بمعناها الصحيح يمكن إعتبارها لفظاً جديداً فى مجال الهندسة — فلقد كانوا قديماً يسمونها هندسة البلديات (Municipal Engineering) ويطلقون خطأ لقب المهندس الصحى على الفنيين فى أعمال السمكرة والسباكة وكذلك على مقاولى أعمال التوصيلات الصحية مثل أعمال المياه والمجارى والتهوية داخل المنازل — إلا أن الأعمال التى تدخل فى نطاق الهندسة الصحية حالياً أوسع بكثير من ذلك النطاق الضيق إذ أصبح المهندس الصحى (Sanitary Engineer) هو ذلك المهندس الذى تلقى من العلوم والتمرين ما يسمح له بالقيام بتصميم والإشراف على تنفيذ وإدارة جميع المشروعات الهندسية التى تهدف إلى التحكم فى البيئة التى نعيش فيها لتحسينها فى النواحى الصحية والعقلية والإجتماعية .

إلا أنه يجدر بنا أن نذكر أنه يقوم بهذه الأعمال بالتعاون مع السلطات الحاكمة والطبيب والكيمائى ، والميكروبيولوجى والأحصائى وغيرهم — كل فى مجال تخصصه فبينما يقتصر عمل الطبيب على الكيان الصحى لجسم الانسان وعلاجه ، والميكروبيولوجى والكيمائى يقتصر عملهما على التحاليل اللازمة للتأكد من سلامة البيئة التى نعيش فيها من مسببات الأمراض ، وكذلك خلو جسم الانسان من هذه المسببات للأمراض ، فان عمل المهندس يشمل البيئة التى نعيش فيها وأثرها على الصحة وتحسينها بتنفيذ المشروعات الهندسية التى تؤدى إلى منع إنتشار مسببات الأمراض .

وتتلخص أهم المشروعات الداخلة فى نطاق الهندسة الصحية :

١ — إمداد المدن بالمياه (Water Supply Engenceering) :

فالماء هو ثانى العناصر الضرورية للإنسان فى حياته بعد الأكسوجين الذى يستنشقه من الهواء — وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سبباً فى القضاء عليها إذا استعمل ملوثاً بجراثيم الأمراض التى تنقل عن طريقه مثل التيفويد والدوسنتاريا والكوليرا أو الأمراض المعوية الأخرى .

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى أبقراط إله الطب عند القدماء بغلى الماء الذى يستعمل للشرب ، كما أوصت بذلك الالوحات الأثرية من عهد ملوك قدماء المصريين وفى آثار اليونان القديمة — أما فى العصر الحديث فلقد كان لانتشار عمليات المياه أثر كبير فى الحد من انتشار الأمراض ورفع المستوى الصحى .

٢ — معالجة المخالفات السائلة والتخلص منها Sewerage & Sewage Disposal :

وهذه تشمل المخلفات المنزلية والصناعية على السواء — وهى تأتى فى الأهمية بعد مشروعات امداد المدن بالمياه فى جدول أعمال المهندس الصحى عند دراسة مشروعات تحسين الصحة لمدينة ما لما تحتويه هذه المخلفات السائلة من مواد ملوثة — بكتريا ناقلة للامراض أو سموم — بأعداد مهما كانت بسيطة أو بتركيز مهما كان قليلا إلا أنه كافى للأضرار بالصحة العامة .

٣ — الرقابة على تلوث البحار والمجارى المائية Stream Sanitation :

كثيراً ما تستعمل بعض المدن المجارى المائية المجاورة لها سواء كانت أنهاراً أو مصارفاً أو بحاراً أو بحيرات لقذف مخلفاتها السائلة فيها سواء قبل علاجها أو بعد علاجها جزئياً أو كليا — ولا ريب أن هذا يسبب ازعاجا لمن يقيم بالقرب من هذه المجارى المائية وكذلك للبلاد التى قد تستعمل هذه المجارى

المائية كمصدر لمياه الشراب – ولذلك فان من واجب المهندس أن يراقب مثل هذه الحالات وعليه ايجاد الحلول اللازمة ليحفظ على المجرى المائى سلامته من تلوث قد يؤدى بالصحة العامة للمقيمين حوله أو تضر بالثروة المائية فيه أو تقلل من استعمالات للمجرى المائى كمصدر لمياه الشرب أو كوسيلة للترفيه عن سكان المدن المقامة على شاطئه .

٤ – رفع المستوى الصحى فى القرى (Rural Sanitation)

تدل الاحصائيات على أن أغلب سكان العالم يعيشون فيما يمكن أن يطلق عليه مجتمعاً قروياً – أى يعيشون فى مجموعات متفرقة يصعب اقتصادياً أن يقوم بها هيئات للاشراف على الخدمات العامة دون أن نتكبد مصاريف باهظة فى سبيل ذلك – لذلك تلجأ السلطات المختصة بدراسة كل قرية أو مجموعة صغيرة من القرى المتقاربة كوحدة قائمة بذاتها – وتشمل هذه الدراسة طرق إمداد كل وحدة بالمياه الصالحة وكذلك التخلص من الفضلات السائلة والمخلفات الصناعية أن وجدت .

٥ – تخطيط المدن وانشاء المنازل الصحية :

City planning & Housing Sanitation

من المعترف به أن المدن تنشأ فى المبدأ بتجمعات صغيرة تأخذ فى الكبر رويداً حتى تصير مدينة كبيرة – ولكن كثيراً ما يكون هذا النمو على أساس غير سليم وفى اتجاهات متضاربة وينتهى الحال إلى أن تأخذ المدينة شكلا غير متناسق وان تتداخل المناطق المتباينة الأغراض فى المدينة الواحدة مما قد يسبب اضراراً بسكانها – ولذا كان من مهمة المهندس الصحى بالتعاون مع غيره من المختصين اعادة تخطيط المدن مع تنسيق كامل لمناطقها المختلفة وتوزيع عادل للخدمات اللازمة فيها بانيا ذلك على أسس احصائية متينة .

كما يضاف إلى ذلك أن واجب المهندس الصحى أن يشترك مع غيره فى وضع المعايير الصحية للمبانى العامة والخاصة حتى لا يكون فى سوء تهويتها أو اضاءتها أو ازدحامها ما يسبب اقلاقا أو ضرراً لمستعمليها .

هذه المجالات هى ما يقوم به المهندس الصحى من أعمال هندسية لتحسين البيئة التى نعيش فيها ورفع مستواها الصحى — وهناك مجالات أخرى فى الصحة العامة يشرف عليها المهندس الصحى وان كانت صلتها بالعلوم الهندسية أقل من هذه التى ذكرت وانما تتصل أكثر بالميكروبيولوجيا والكيمياء والإحصاء وغيرها من العلوم الأساسية — ويسمى المهندس الذى يعمل فيها « مهندس الصحة العامة » (Public Health Engineering) .

وأهم هذه المجالات هى : —

١ — ابادة ومقاومة الباعوض Mosquito Control

وفى هذا المجال يقوم المهندس الصحى بدراسه أماكن توالد الباعوض ومدى انتشارها واقتراح طرق للوقاية مثـل انشـاء المصارف وردم المستنقعات أو تزويد المنازل بالشبكات السلك على النوافذ أو ابادة اليرقات أو البعوضة الكاملة بالمبيدات .

كما لا يخفى أن بعض المشروعات الهندسية قد تؤدى عن غير قصد إلى توالد الباعوض وانتشاره فى منطقتها — ومن أمثلة ذلك مصارف الرى الغير معتنى بها والنامية الحشائش والمتارب المستعملة لانشاء الطرق العامة وجسور السكك الحديدية لما قد يتجمع فيها مياه من راكدة ... وبديهى أن واجب مهندس الصحة العامة التعاون مع المشرفين على هذه المشروعات للقيام بعمل الوقاية اللازمة حتى لا تكون مثل هذه المشروعات خطراً على الصحة العامة لما يتوالد فيها من بعوض بسبب عدم العناية بها .

٢ — تعقيم الألبـان وصناعة الأغذية Milk & Food Sanitation :

ان مهمة وقاية الألبان من التلوث أثناء عملية الحليب أو نقلها إلى محطة البسترة وكذلك إدارة هذه المحطات وكذلك الرقابة على صناعة الأغذية من أهم الواجبات التى يعنى بها القائمون على الصحة العامة فى المدينة فهى مصدر لانتشار العدوى إذا لم تنظم وتراقب جيداً للتحقق من مطابقتها للمواصفات واتباعها الشروط الصحية — ولا يصح الترخيص لهذه المحال بالعمل الا بعد التأكد من اتباعها لهذه الاشتراطات أثناء الانشاء وكذلك فى ادارتها ويقوم بالتفتيش عليها باستمرار فى المدن الكبرى مهندس الصحة العامة يعاونه فى ذلك مراقبو الأغذية .

٣ — الصحة المهنية (Industrial Health)

وهذا ميدان جديد ألقيت تبعيته على مهندس الصحة العامة ، ففى بعض الصناعات حيث ينتشر داخل المصنع الأتربة أو الغازات أو الكيماويات الضارة أو درجات الحرارة العالية يجب على المهندس الصحة العامة أن يجد حلا للحد من ضررها على صحة العمال داخل المصنع . كما أن تلوث الجو مما تنشره بعض المصانع من سموم تنفثها من مداخنها مشكلة تواجه مهندس الصحة العامة لحلها منعاً لانتشار الأمراض فى المدينة .

٤ — مقاومة الحشرات والحيوانات الناقلة للامراض Vector Control :

وهذه من أهم طرق الوقاية من الأمراض — ففى القضاء على الذباب قضاء على أكثر من مرض كالتيفوئيد والدوسنتاريا ... وفى القضاء على الفيران منع لانتشار الطاعون وفى القضاء على القواقع منع لانتشار البلهارسيا ، وفى القضاء على القمل قضاء على التيفوس ... ومن الحقائق العلمية التى أثبتتها التجارب العلمية ضرورة محاربة هذه الحشرات فى أماكن توالدها وفى أضعف

أطوارها وهذا جزء من مسئولية مهندس الصحة العامة مع غيره من المهتمين بشئون الصحة العامة فعليهم استنباط الطرق العلمية الاقتصادية للقضاء على هذه الحشرات .

٥ — التخلص من الفضلات الصلبة (القمامة) Refuse Collection & Disposal

لا تزال هذه المهمة مسندة فى بعض البلاد إلى عمال غير مدربين يقومون بجمعها من المنازل نظير أجر شهرى بسيط وحملها فى عربات غير معتنى بها إلى المقالب العمومية تحت رقابة غير كاملة مما يؤثر تأثيراً سيئاً فى الصحة العامة لما تنشره هذه المقالب من أتربة وروائح كريهة بالاضافة إلى أنها بؤرة لتوالد العدد الكبير من الحشرات الناقلة للامراض ولذا كان من واجب البلديات الكبرى أن تعهد إلى موظفيها تحت اشراف مهندس الصحة العامة ومسئوليته دراسة هذه المشكلة والقيام بها بصرف النظر عن الإفادة المادية منها.

هذه هى الهندسة الصحية . وهندسة الصحة العامة فى صورتها المتطورة والتى ستتطور ما تقدمت العلوم فى عالمنا هذا الذى نعيش فيه .

ولقد اقتصر هذا الكتاب على دراسة أسس امداد المدن والقرى بالمياه — وكذلك معالجة المخلفات السائلة والتخلص منها سواء كان ذلك فى المدن أو القرى على أن يفى بأغراض الدراسة لطلبة الأقسام المدنية بكليات الهندسة بالجامعات العربية .

الباب الأول

الدراسات اللازمة لتقدير استعمالات المياه

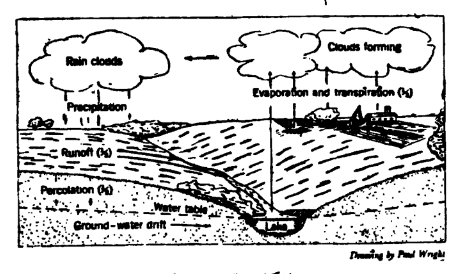
ESTIMATION OF WATER CONSUMPTION

عند البدء فى دراسة مشروع من مشروعات إمداد المدن بالمياه يتعين علينا أن نقوم بالدراسات الآتية وذلك لتقدير كمية المياه المستهلكة فى المدينة :

(ا) مصادر المياه التى يمكن استعمالها فى المشروع لاختيار الأنسب منها .
(ب) عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .
(ج) معدلات استهلاك المياه .
(د) الاستعمالات المختلفة للمياه فى المدينة .
(هـ) التغير المحتمل فى استعمالات ومعدلات استهلاك المياه .
(و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلا .

١ – مصادر المياه الممكن استعمالها

يتكون ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية من مسطحات هائلة من البحار والمحيطات تتبخر منها الماء ليعود فيسقط على سطح الأرض ، هذا المطر عند سقوطه يتبخر بعضه مباشرة من سطح الأرض ويتسرب بعضه داخل الأرض مكونا ما يسمى بالمياه الجوفية – أما الجزء الأكبر فأنه يسيل على سطح الأرض مكونا جداول صغيرة تتجمع فى جداول أكبر منها حتى تصل إلى أنهار كبيرة تسير حتى تصب فى البحار والمحيطات لتعود ثانياً وتتبخر إلى طبقات الجو – وبذلك لا يكون هناك أى فاقد فى الماء بل هناك دورة لا نهائية من البحر إلى الجو – من الجو إلى الأرض ، من الأرض إلى البحر – وهذا ما يبينه الشكل رقم (١ – ١) .



(شكل رقم ١ - ١)

وبذلك يمكن تقسيم مصادر المياه التى يمكن استعمالها لامداد المدن بالمياه إلى :—

١ — مياه الأمطار (Rain Water) :

وتمتاز مياه الأمطار عن المياه الجوفية والسطحية بأنها أقرب ما تكون إلى المياه المقطرة على شرط أن تجمع بطريقة سليمة تمنع وصول التلوث اليها إلا أن هذا لا يعنى أنها كاملة النقاء ، إذ أنها فى نفس الدقيقة التى تبتدىء ذرات البخار فى التكثف إلى قطرات من الماء فانها تمتص بعض الغازات الموجودة فى الهواء ويعلق على سطحها بعض ذرات التراب الدقيقة العاقلة بالجو وكذلك بعض البكتيريا السابحة فى الهواء.

ومع كل فان هذا التلوث لا أهمية له من الناحية الصحية ويمكن جمع مياه الأمطار لاستعمالها للأغراض المنزلية فى الأماكن المنعزلة إذا توافرت كمياتها وتوافرت طرق وقايتها من التلوث أثناء جمعها وأثناء تخزينها وتوزيعها

٢ — المياه الجوفية (Ground Water) :

وهذه تشمل مياه الآبار والينابيع :

وتتميز المياه الجوفية كما توجد فى الطبيعة بالصفات الآتية :

١ — تكون عادة أكثر صفاء من المياه السطحية ولا تحتوى على مواد عالقة .

٢ — لا تحتوى على بكتريا نظراً لترشيح هذه البكتريا خلال طبقات الأرض أثناء تسرب المياه خلالها .

٣ — تكون عادة أكثر برودة من المياه السطحية نظراً لعدم تأثرها كثيراً بالعوامل الجوية .

٤ – ارتفاع تركيز الكالسيوم والمغنسيوم والمنجنيز والحديد فيها عنها فى المياه السطحية مما قد يكسبها بعض الطعم واللون والعسر – الأمر الذى يحد من احتمالات استعمالها إلا إذا تعرضت لمعالجة خاصة لازالة مثل هذه الأملاح .

الا أن نسبة تركيز هذه الأملاح فى المياه الجوفية ثابت طول العام بخلاف المياه السطحية التى يختلف تركيز الأملاح فيها على مدار السنة . ففى فترة الفيضان يقل تركيز المواد الذائبة فيها بينما ترتفع نسبة المواد العالقة – والعكس فى فترة انخفاض منسوب المياه فى النهر – أى فى فترة التحاريق .

٥ – قد تحتوى على غازات ناتجة من تحلل مواد عضوية داخل الأرض مثل ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتور الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة مما يحد من احتمالات استعمالها .

٦ – عادة يكون مستوى المياه الجوفية على منسوب منخفض تحت سطح الأرض بكثير مما يزيد من نفقات إدارة وصيانة الطلمبات اللازمة لرفعها عن مثيلاتها اللازمة لرفع المياه السطحية .

٧ – إذا عمل بئران متجاوران فأنه ليس من الضرورى أن تكون المياه فى البئرين متشابهة من الناحية التركيب الكيماوى .

٣ – المياه السطحية (Surface Water) :

وهذه تشمل مياه الترع والأنهار والبحيرات العذبة .
وتتميز المياه الطحية كما توجد فى الطبيعة بالصفات الآتية :–

١ - وفرة كمية المياه السطحية عن المياه الجوفية مما يجعل المياه السطحية أنسب لسد احتياجات المدن الكبيرة .

٢ - تعرضها لعوامل التلوث الشديد فالمياه السطحية نادراً ما توجد فى الطبيعة نقية صالحة للاستعمال مباشرة دون معالجة ، إذ أنها تحتوى على مواد عالقة وذائبة والكثير من البكتريا - مما يجعلها خطراً على الصحة العامة - ومما يوجب تنقيتها قبل استعمالها كمصدر للمياه فى المدينة .

وفى الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل المصدر الرئيسى للمياه السطحية وكذلك تعتبر ما يتسرب منه إلى باطن الأرض المصدر الرئيسى للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار الا على الشريط الساحلى الشمالى .

ويمكن تقسيم الجمهورية العربية المتحدة إلى أربعة مناطق بالنسبة لمصادر المياه المختلفة واحتمالات استعمال هذه المصادر :

١ - وادى النيل والدلتا :

وفى هذه المنطقة تستعمل المياه السطحية من نهر النيل أو الترع المتفرعة منه مصدراً للمياه للمدن والتجمعات السكانية الكبيرة - كما تستعمل المياه الجوفية لامداد القرى والتجمعات السكانية الصغيرة بالمياه فى الأماكن التى تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال - إلا أنه نظراً لعدم صلاحية المياه الجوفية على امتداد الساحل الشمالى للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك فى محافظة الفيوم - فأنه لا تعتمد على المياه الجوفية لامداد القرى فى هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى انشاء محطات تنقية للمياه السطحية من النيل أو الترع المتفرعة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطى

هذه المناطق — ومحطات التنقية هذه توجد فى مدن فوه ، شربين ، بساط كريم الدين ، العباسة ، وأبو حمص . وذلك لامداد قرى منطقة شمال الدلتا بالميـاه الصالحة للاستعمال ، وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامداد قرى محافظة الفيوم بالمياه (شكل رقم ١ — ٢) .



(شكل رقم ١ - ٢)

٢ — الصحراء الغربيـة :

والمصدر الرئيسى للمياه الجوفية فى الصحراء الغربية هو مياه الأمطار التى سقطت فى السودان وتسربت داخل طبقات الحجر الرملى النوبى الذى تظهر على سطح الأرض فى السودان ولكنها تأخذ فى الانحدار إلى أسفل تحت طبقات من الاحجار الجيرية كلما اتجهت شمالا نحو البحر الأبيض — هذه

المياه تجد فى المناطق المنخفضة فى الصحراء مخارج لها إلى سطح الأرض ، مكونه الواحات لتصبح فيها مصدراً هاما لمياه الشرب والرى .

وأهم هذه الواحات هى الواحات الخارجة والداخلة وتتميز المياه فيها بالوفرة فى الكمية وصلاحيتها وعذوبتها - أما الواحات البحرية وسيوه فيقل فيها كمية المياه عن الواحات الخارجة والداخلة الا أن مياه الواحات البحرية تتميز بصلاحيتها وعذوبتها بينما تتميز مياه واحة سيوه باحتوائها على نسبة عالية من الأملاح وربما كان ذلك نتيجة لمرور المياه قبل وصولها إلى واحة سيوه بتكوينات جيولوجية تحتــــوى على املاح كثيرة قابلة للذوبان - وأقل كمية للمياه تتواجد فى واحة الفرافرة وان كانت أكثر صلاحية وعذوبة من مياه واحة سيوة .

كما يعزى تواجد المياه الجوفية بوفرة فى منطقة وادى النطرون إلى تسرب المياه من النيل فى طبقات الحجر الرملى النوبى الذى يخترقه مجرى النيل بالقرب من هذه المنطقة .

٣ - السهل الساحلى الشمالى :

وتكون الأمطار المتساقطة على الساحل الشمالى لغرب الدلتا مصدراً رئيساً للمياه الجوفية المستعملة فى هذه المنطقة اذ ينشأ عنها طبقة من المياه العذبة الطافية فوق المياه المالحة المتسربة من البحر الأبيض ويمكن الحصول على هذه المياه العذبة من الآبار القليلة العمق (لا تصل إلى المياه المالحة) وهو ما قام به الأقدمون بحفرهم ما يسمى الآن بالآبار الرومانية على طول الساحل الشمالى خاصة بالقرب من مرسى مطروح .

٤ - الصحراء الشـرقيـة :

والمصدر الرئيسى للمياه فيها هو الأمطار التى تسقط على الجبال الشرقية المحاذية

للبحر الأحمر ومن ثم تتسرب فى الأرض حيث تختزن فى الرمال أو فى جيوب من الحجر الرملى النوبى ومن ثم يمكن الحصول على هذه المياه بدق الآبـار .

ب - الدراسات الخاصة بالسكان الذى يخدمهم المشروع

لماكان الغرض من مشروعات المياه ، كغيرها من مشروعات الخدمات العامة هو خدمة المدينة لفترة طويلة فى المستقبل ، كان من الواجب تقدير عدد السكان فى المدينة طوال المدة التى يخدم فيها المشروع بدقة كافية حتى لا تتسبب أى زيادة فى التقدير زيادة لا داعى لها فى التكاليف الانشائية للمشروع وحتى لا يسبب أى نقص فى التقدير قصوراً فى خدمة المدينة وامدادها بالمياه اللازمة .

والطرق المتبعة لتقدير أو التنبوء بعدد السكان هى كالآتى :

١ - الطريقة الحسابيـة (Arithmatic Increase) :

وفيها يفترض زيادة تعداد المدينة عدداً ثابتاً لكل فترة زمنية معينة (عشرة سنوات عادة Decade) وتسمى أحيانا طريقة الزيادة الثابتة .

ويمكن التوصل إلى هذه الزيادة الثابتة التى يزيدها تعداد المدينة كل عشرة سنوات بدراسة تعداد المدينة فى السنوات السابقة لاعداد الدراسة ومن ثم حساب الزيادة فى التعداد كل عشرة سنوات ثم يأخذ متوسط زيادة السكان فى المدينة بعد استبعاد الزيادات الغير عادية ومن أمثلة هذه الزيادات الغير عادية . زيادات كبيرة القيمة قد تنشأ عن هجرة إلى المدينة نتيجة لتحول صناعى مفاجىء فيها - وبالعكس من ذلك زيادات صغيرة القيمة قد تنشأ عن هجرة من المدينة أو حدوث حروب أو انتشار أوبئة فيها .

فاذا فرض أن :

P_o = آخر تعداد حقيقى للمدينة

A = متوسط زيادة عدد السكان كل فترة زمنية (عشر سنوات (Decade

T = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها

p = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى T من الفترات الزمنية

فأنه يمكن تقدير عدد سكان المدينة مستقبلا بالمعادلة : -

$$P = P_o + AT \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

وهى معادلة يمكن تمثيلها بيانيا بخط مستقيم يمكن مده للحصول على التعداد فى أى سنة مقبلة .

ومن الواضح أن هذه الطريقة فى زيادة عدد السكان الزيادة تشبه الزيادة التى تحدث لمبلغ من المال وضع فى مصرف ليربح ربحاً بسيطاً.

٢– طريقة الزيادة الهندسية (Geometrc Increase) :

وفيها يفترض معدل ثابت تنمو به المدينة كل فترة معينة (عشر سنوات) ويمكن تقدير هذه النسبة بدراسة تعداد المدينة فى السنوات السابقة ورصد النسبة المئوية لزيادة التعداد كل عشرة سنوات ثم يؤخذ المتوسط الحسابى لهذه المعدلات ليكون هو معدل نمو المدينة مستقبلا مع استبعاد المعدلات الغير عادية كما سبق ذكره فى طريقة الزيادة الحسابية – وكذلك الأخذ فى الاعتبار احتمالات النمو الصناعى للمدينة الناتج عن انتشار الصناعات المحلية وكذلك انخفاض معدل نمو المدينة كلما كبرت وقدمت .

أما فى حالة عدم استبعاد أى من النسب المئوية لزيادة التعداد لتقاربها فى القيمة فيمكن تقدير متوسط هذه المعدلات بالمعادلة الآتية :

$$R = \sqrt[n]{\frac{Po}{P_1}} - 1 \quad \text{(٢)}$$

حيث : R = متوسط معدلات نمو المدينة

P_1 = القيمة العددية لأول تعداد للمدينة .

P_o = القيمة العددية لآخر تعداد للمدينة .

n = عدد الفترات الزمنية بين التعدادين

فاذا فرض أن :—

P_o = آخر تعداد فعلى للمدينة

R = معدل نمو المدينة مستقبلا كل فترة زمنية (عشرة سنوات) وهو يساوى متوسط معدلات النمو السابقة أو كما حسب من المعادلة السابقة .

n = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير السكان بعدها .

P = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى « n » من الفترات الزمنية من آخر تعداد فأنه يمكن تقدير عدد السكان مستقبلا بالمعادلة :—

$$P = Po \, (1 + R)^n \quad \text{(٣)}$$

ومن الواضح أن هذه الطريقة فى زيادة عدد السكان تشبه الزيادة التى تحدث لمبلغ من المال وضع فى مصرف ليربح ربحاً مركباً .

كما يمكن كتابة هذه المعادلة بالصيغة الآتية وذلك بأخذ لوغاريتمات طرفيها ، ومن ثم يمكن تمثيلها بيانيا بخط مستقيم بدلا من منحنى

$$\log P = \log Po + n \log (1 + R) \quad \ldots\ldots\ldots (٤)$$

وبمد هذا المستقيم يمكن ايجادالتعداد فى أى سنةمستقبلا .

٣ – الطريقة البيانيةالتقريبية Graphical Extension

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المناظر لكل سنة بالرسم البيانى العادى ثم يمد منحنى التعداد بالنظر حتى السنة المطلوب تقدير السكان عندها .

٤ – الطريقة البيانية مع مقارنة المدينة موضع الدراسة بمنحنيات نمو المدينة الأكبر منها والمتشابهة معها فى الظروف

Graphical Extension by Comparison

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المناظر لكل سنة بالرسم البيانى للمدينة موضوع الدراسة ولمدن أخرى أكبر منها – ومن ثم يفترض أن المدينـــــة موضوع الدراسة ستتبع فى نموها أحد منحنيات نمو المدن الأكبر منها .

٥ – تقدير عدد السكان بافتراض كثافات سكانية معينة :

Assuming Population Densities

وفيها يفترض كثافات سكانية فى المناطق المختلفة للمدينة – وبمعرفة مساحة كل منطقة وكثافة السكان فيها يمكن تقدير العدد الاجمالى للسكان فى المدينة .

والجدول رقم (١ – ١) يبين كثافة السكان (عدد السكان للهكتار) للأنواع المختلفة للمساكن .

جدول رقم (١—١)

الكثافة السكانية (شخص/الهكتار)	نوع المسكن
١٠	فيلات درجة أولى
٣٠ — ٦٠	فيلات درجة ثانية
١٢٠ — ٢٤٠	عمارات شعبية
٨٠ — ٣٥٠	عمارات سكنية صغيرة
٢٤٠ — ٧٠٠	عمارات متوسطة
٧٠٠ — ١٢٠٠	عمارات سكنية كبيرة
٢٥ — ٧٥	مناطق تجارية وصناعية

٦ — طريقة الزيادة المضطردة (Incrimental increase)

وفى هذه الطريقة تحسب الزيادة فى تعداد السكان كل عشرة سنوات كما تحسب التغير فى هذه الزيادات ويقدر متوسط كل منها — ومن ثم يقدر عدد السكان مستقبلا بالمعادلة الآتية :

$$P = Po + A T + a [(T) + (T - 1) + (T - 2) \ldots \ldots + 1]$$

حيث : P_o = آخر تعداد حقيقى للمدينة

A = متوسط الزيادات السابقة لتعداد المدينة كل فترة زمنية

T = عدد الفترات الزمنية المطلوب تقدير عدد السكان بعدها

a = متوسط التغير فى الزيادات السابقة لتعداد المدينة

p = عدد السكان المقدر للمدينة بعد مضى T من الفترات الزمنية

٧ — الطريقة البيانية الدقيقة Acurate Graphical Extenion

وفيها يوقع سنوات التعداد السابقة والتعداد المناظر لكل سنة بالرسم البيانى اللوغاريتمى (Log., Log., Paper) — ومن ثم يمكن تحوير

منحنى التعداد السابق للمدينة إلى خط مستقيم .

وبايجاد ميل هذا المستقيم وتعيين نقطة تقاطعه مع المحور الرأسى (الموقع عليه تعداد المدينة) يمكن ايجاد معادلة المستقيم الذى تمثل معدل نمو المدينة كالآتى : —

$$\text{Log } Y = b \text{ Log } X + \log a \qquad (٥)$$

حيث : Y = تعداد المدينة فى أى سنة

X = عدد الفترات الزمنية التى بين أول سنة عمل فيها تعداد للمدينة والسنة المطلوب ايجاد التعداد عندها .

b = ميل المستقيم

log a = الاحداثى الرأسى لنقطة تقاطع المستقيم الممثل لمعادلة نمو المدينة مع المحور الرأسى Y وكذلك يمكن كتابة نفس المعادلة السابقة بالصورة الآتية :

$$Y = a \, X^b \qquad (٦)$$

حيث تمثل الرموز a, l, X, Y إلى مثل ما ترمز به فى المعادلة السابقة . وفى هذه الحالة يمكن تعيين قيمة a بعد تعيين قيمة lag a

الزمن الذى يصمم المشروع ليخدم المدينة خلاله (Period of Design)

يحدد هذا الزمن فى مشروعات امداد المدن بالمياه بعد دراسة للعوامل الآتيـة :—

(ا) السعر الابتدائى للمشروع .

(ب) سعر الصيانة والتشغيل .

(ج) سهولة أو صعوبة انشاء اضافات جديدة للمشروع .

(ﻫ) عمر الأجزاء المختلفة للمشروع أى سرعة استهلاكها .

(و) التطور فى تصميم وتشغيل الوحدات المختلفة للمشروع .

وبناء على هذه النقاط يمكن القول أن شبكات توزيع المياه في المدن يجب أن تصمم لتخدم المدينة في الخمسين سنة التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لصعوبة التغيير فيها أو اضافة مواسير جديدة مما يتكلف نفقات باهظة في الحفر والردم والرصف وعطلة المواصلات في الطرق ، هذا بالاضافة إلى أن المواسير عادة لا تبلى قبل مضى فترة طويلة قد تصل إلى مائة عام .

وعلى العكس من ذلك فان وحدات التنقية ومحطات الرفع المنشأة فوق سطح الأرض يمكن ان تصمم لتخدم المدينة في العشرة أو الخمسة عشر عاما التالية لتنفيذ المشروع وذلك نظراً لسهولة اضافة وحدات جديدة كلما احتاج الأمر على أن يراعى أن يكون المساحة المخصصة لهذه الوحدات كافية للمستقبل البعيد الذى قد يصل إلى مائة عام حتى تستوعب الوحدات المستحدثة

كما أنه من المستحسن أن ينشأ المآخذ ليخدم المدينة فترات طويلة من الزمن قد تصل إلى خمسين عاما — نظراً لصعوبة انشائه خاصة إذا كان على مجرى ملاحى — وكذلك لكبر تكاليف انشاء السحارات (conduits) الموصلة بينه وبين محطات الرفع .

مثال ١ — إذا أعطيت البيانات الموضحة فى الجدول الآتى :

أوجد التعداد المتوقع لمدينة أ فى الخمسين سنة المقبلة :—

السنة	التعداد مدينة أ	مدينة ب	مدينة جـ	مدينة د
١٩٠٠	٥٧٣٢٠	١٠٠٧٥٠	١٢٧١٣٥	١٣٥٣٣٥
١٩١٠	٦٨٢٥٠	١٢٠٣٤٥	١٤٦٢٤٠	١٤٦١٢٠
١٩٢٠	٧٧٩٧٥	١٣٢٧٢٠	١٤٨١٥٠	١٥٨٣٣٥
١٩٣٠	٩٠٧٨٠	١٤٦٣٥٥	١٦٦٢٤٥	١٧١٧٢٠
١٩٤٠	١٠١٧٦٥	١٦٢٧٢٥	١٧٧١٣٠	١٨٢٣٤٥
١٩٥٠	١١٥٣٣٠	١٧٨٠١٠	١٨٨٣٢٥	١٩٤٧٢٥
١٩٦٠	١٢٨٧٣٥	١٩١٨٢٠	١٩٨٤١٠	٢٠٧٤١٥
١٩٧٠	١٤٢٣٢٥	٢١٤١٥٠	٢٢٠٣٢٠	٢٢٠٣٣٠

الحــــــل :

السنة	التعداد	الزيـادة	نسبة الزيادة	تغير الزيادة
١٩٠٠	٥٧٣٢٠			
		١٠٩٣٠	١٩١٠	– ١٢٠٥
١٩١٠	٦٨٢٥٠			
		٩٧٢٥	١٤ر٣٠	+ ٣٠٨٥
١٩٢٠	٧٧٩٧٥			
		١٢٨٠٥	١٦ر٥٥	– ١٨٢٠
١٩٣٠	٩٠٧٨٠			
		١٠٩٨٥	١٢ر١٠	+ ١٥٨٠
١٩٤٠	١٠١٧٦٥			
		١٢٥٦٥	١٢ر٤٠	+ ٨٤٠
١٩٥٠	١١٥٣٣٠			
		١٢٤٠٥	١١ر٦٥	+ ١٨٥
١٩٦٠	١٢٨٧٣٥			
		١٣٥٩٠	١٠ر٥٠	
١٩٧٠	١٤٢٣٢٥			
	المجموع	٨٤٠٠٥	٩٦ر٦٠	+ ٢٦٦٥
	المتوسط	١٢٠٠٠	١٣ر٨٠	+ ٤٤٥

حساب التعداد فى المستقبل :

أولا – الطريقة الحسابية البسيطة :

تعداد عام ١٩٨٠ = تعداد عام ١٩٧٠ + الزيادة

تعداد عام ١٩٨٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ = ١٥٤٣٢٥

تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٢ = ١٦٦٣٢٥

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٣ = ١٧٨٣٢٥

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٤ = ١٩٠٣٢٥

تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ × ٥ = ٢٠٢٣٢٥

ثانياً — طريقة الزيادة المطردة :

تعداد عام ١٩٧٠ = تعداد عام ١٩٧٠ + الزيادة + تغير الزيادة

تعداد عام ١٩٨٠ = ١٤٢٣٢٥ + ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ × ١

= ١٥٤٧٧٠

تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٢ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ [٢ + ١]

= ١٦٧٦٦٠

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٢٣٥ + ٣ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[٣ + ٢ + ١] = ١٨٠٩٩٥

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٤ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[٤ + ٣ + ٢ + ١] = ١٩٤٧٧٥

تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ + ٥ × ١٢٠٠٠ + ٤٤٥ ×

[٥ + ٤ + ٣ + ٢ + ١] = ٢٠٩٠٠٠

ثالثاً — طريقة الزيادة الهندسية :

تعدادعام ١٩٨٠ = تعدادعام ١٩٧٠ (١ + نسبة الزيادة)

= ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨) = ١٦١١٩٦٦

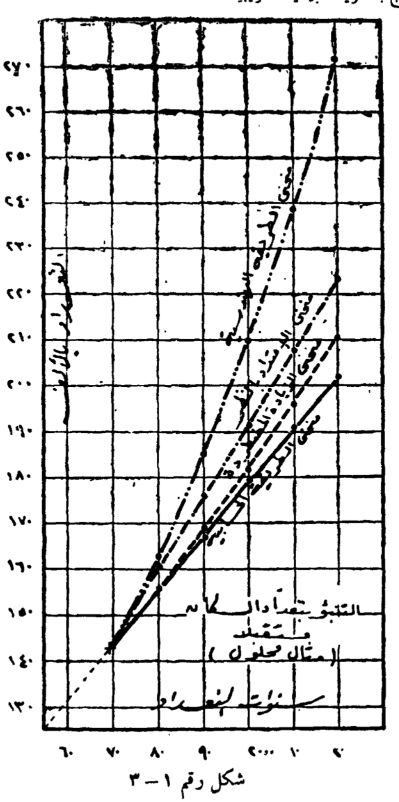
تعداد عام ١٩٩٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^٢ = ١٨٤٣٠١

تعداد عام ٢٠٠٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^٣ = ٢٠٩٧٨٧

تعداد عام ٢٠١٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^٤ = ٢٣٨٦٧٩

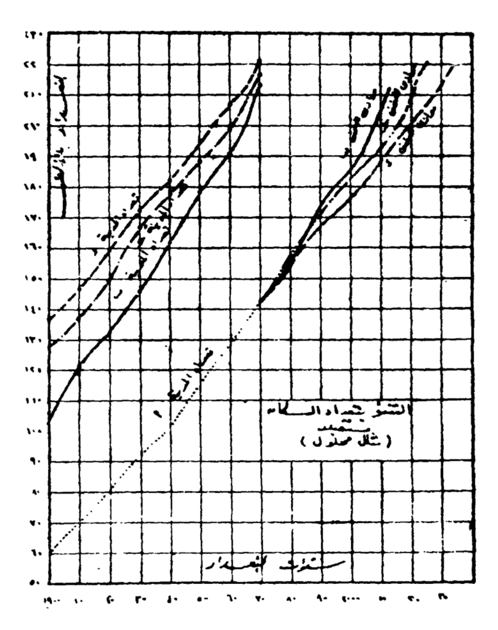
تعداد عام ٢٠٢٠ = ١٤٢٣٢٥ (١ + ٠,١٣٨)^٥ = ٢٧١٨٤١

ويبين الشكل رقم (١ — ٣) التوقيع البيانى للنتائج السابقة ، كما يبين النتائج بالطريقة البيانية التقريبية



شكل رقم ١ — ٣

وبين الشكل رقم (١ — ٤) طريقة تقدير السكان مستقبلا بالطريقه البيانية مع المقارنة بالمدن الأخرى .



شكل رقم ١ — ٤

جـ — دراسات معدلات استهلاك المياه Rates of Water Consumption

بعد دراسة تعداد السكان الذى يخدمهم المشروع مستقبلا يجب دراسة متوسط معدلات استهلاك الفرد للماء فى اليوم — أى متوسط الاستهلاك على مدار السنة وهذا يساوى مجموع التصرف الخارج من محطات المياه طول أيام مقسوما على عدد السكان وعدد أيام العام .

أى أن : $q = \dfrac{Q}{P \times 365}$

حيث أن q = متوسط معدل الاستهلاك على مدار السنة (لتر/شخص/يوم).

Q = مجموع التصرف السنوى لمحطة المياه .

p = تعداد المدينة .

وهذا المعدل يختلف من مدينة إلى أخرى تبعاً للعوامل الآتية :

١ — الموقع الجغرافى والمناخ :

فكلما زادت درجة الحرارة كلما زاد معدل استهلاك المياه .

٢ — حجم المدينة :

كلما كبرت المدينة زاد معدل استهلاك المياه .

٣ — مستوى الحياة العام :

فارتفاع مستوى الحياة يزيد من معدل استهلاك المياه .

٤ — تعميم عدادات المياه :

وهذا يحد من استهلاك المياه — إذ يلاحظ دائماً انخفاض معدل استهلاك المياه فى المدن إلى النصف تقريباً عند تعميم عدادات المياه فيها ليدفع كل مستهلك نصيبه من ثمن المياه .

٥ — انتشار الصناعة فى المدينة :

كلما زادت الصناعة زاد معدل الاستهلاك نظراً لاستهلاك جزء كبير من المياه فى المدينة فى هذه الصناعات .

٦ — خواص الميـــاه :

كلما تحسنت خواص المياه يزداد الاستهلاك .

٧ — الضغط فى شبكات التوزيع :

وهذا يساعد على ازدياد الاستهلاك .

٨ — تعميم شبكات الصرف الصحى :

فقد لوحظ أن معدل استهلاك المياه زاد حوالى ٤٠ ٪ فى بعض المدن بعد انشاء مشروعات الصرف الصحى فيها .

والجدول رقم (١—٢) يبين معدل استهلاك المياه باللتر »/شخص/يوم فى البلاد المختلفة فى أمريكا . أوروبا . الجمهورية العربية المتحدة .

جدول رقم (١—٢)

معدل استهلاك المياه فى المدن المختلفة باللتر للشخص يومياً

المدينة	المعدل	المدينة	المعدل
نيويورك . . .	٥٠٠	فينـا	١٥٠
شيكاجو . . .	١٠٠٠	روما	٤٥٠
ميلانـو . . .	٥٠٠	كولون . . .	٢٥٠
ميونيخ	٤٥٠	القاهرة	١٨٠
زيوريخ . . .	٣٠٠	الاسكندرية. . .	٢٠٠

د — التغير فى معدل استهلاك المياه

Variation in Rates of Water Consumption

من البديهى أن معدل استهلاك المياه فى مدينة ما لا يبقى ثابتاً باستمرار على مدار العام — ولكنه يتغير تبعاً للعوامل الآتية :

١ — تغير موسمى (Seasonal Changes) إذ يزداد معدل الاستهلاك فى أثناء شهور الصيف نظراً لشدة الحرارة ، وتتراوح هذه الزيادة . حتى يصل متوسط الاستهلاك اليومى فى خلال أشهر الصيف من ١٢٠ ٪ إلى ١٦٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار السنة .

كما أن متوسط الاستهلاك اليومى فى خلال أشهر الشتاء ينخفض ليصل إلى حوالى ٧٠ ٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار العام .

والشكل رقم (١ — ٥) يبين التغييرات الموسمية فى استهلاك المياه لمدينة الاسكندرية فى أعوام ١٩٥٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٦٠ ، ١٩٦٥ ، ١٩٧٠ .

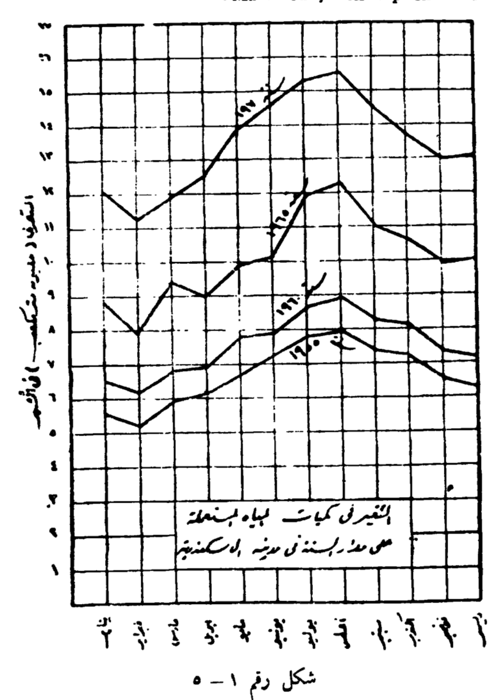
٢ — تغييرات يومية (Daily Change) : إذ يتغير معدل الاستهلاك من يوم إلى يوم فى نفس الموسم بل فى نفس الأسبوع تبعا لعادات السكان ونشاطهم واحتياجاتهم المنزلية والصناعية ويتراوح هذا التغيير حتى يصل معدل الاستهلاك اليومى من ١٣٠٪ إلى ١٧٠٪ من معدل الاستهلاك اليومى على مدار السنة كما قد ينخفض إلى ٦٠٪ فى بعض الأحيان كما يتضح ذلك من شكل ١ — ٦ .

٣ — تغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم (Houry Changes) :

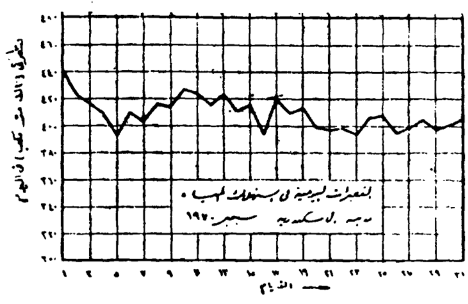
ويرجع هذا إلى تغيير عادات السكان ونشاطهم وبالتبعية لكمية استهلاكهم للمياه فى الساعات المختلفة فى اليوم — فيكون أقصى معدل للاستهلاك فى فترة

الصباح من الثامنة حتى الثانية عشرة ظهراً تقريبا ثم يأخذ معدل الاستهلاك في الانخفاض حتى يصل إلى أدناه في الجزء المتأخر من الليل .

ويسمى أقصى تصرف يحدث في أي فترة على مدار العام بالنهاية العظمى للتصرف (Peak) وهو يحدث في ساعات النهار في أشهر الصيف ويسمى أحيانا (Max. Hourly Consumption).



شكل رقم ١ – ٥



شكل رقم ١ — ٦ :

والشكل رقم (١ — ٧) يبين التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم ومنه يتضح أن أقصى تصرف فى اليوم قد يصل إلى ١٥٠ ٪ من معدل التصرف فى نفس اليوم — وبذلك قد يصل أقصى تصرف فى اليوم إلى ما يعادل ٢٢٥ ٪ تقريباً من متوسط الاستهلاك اليومى على مدار السنة .

والجدول رقم (١—٣) يبين التغير فى التصرفات على مدار السنة بالنسبة لمتوسط التصرف اليومى طول العام .

وبديهى أنه يجب مراعاة هذه التغييرات فى معدل استهلاك المياه عند تصميم الوحدات المختلفة لعمليات امداد المدن بالمياه كما سيأتى ذكره تفصيلا فيما بعد عند دراسة أسس تصميم كل وحدة .

جدول رقم ١ — ٣

معدل التصرف اليومى على مدار السنة (Annual Average Daily Flow)	١٠٠
متوسط الاستهلاك اليومى صيفاً (Monthly Summer Daily Flow)	١٢٠ — ١٤٠
أقصى تصرف يومى (Maximum Daily Flow)	١٣٠ — ١٧٠
النهاية العظمى للتصرف (Max. Hourly or Peak Flow)	٢٠٠ — ٢٧٥

التغيرات فى معدل استهلاك المياه - فى اليوم الواحد

شكل رقم ١ — ٧

٥ — الاستعمالات المختلفة للمياه فى المدينة
Purposes of Water Uses

تنقسم استعمالات المياه فى المدينة إلى :

١ — الاستهلاك المنزلى (Domestic Use) : ويقصد به المياه المستعملة فى الأغراض المنزلية مثل الشرب والغسيل والطبخ والاستحمام ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٤٠ ٪ من معدل الاستهلاك العام فى المدينة .

٢ — الاستهلاك الصناعى والتجارى (Industrial & Commercial) : ويقصد به المياه المستعملة فى الأغراض الصناعية والتجارية كمياه التبريد ومصانع الصباغة والثلج والمياه الغازية وغير ذلك من الإغراض الصناعية — ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ٣٥ ٪ من معدل الاستهلاك العام فى المدينة — الا أنه يجب مراعاة ظروف كل مدينة ونوع الصناعات القائمة والمنتظرة عند تقدير كمية المياه الصناعية والتجارية .

٣ — الاستهلاك العام : (Public Use) : ويقصد به المياه المستعملة للأغراض العامة مثل رش الشوارع ، رى الحدائق ، المياه المستعملة فى النافورات فى الميادين العامة غسيل المرشحات وأحواض الترسيب فى محطات تنقية المياه وكذلك مقاومة الحرائق فى المدينة ويقدر هذا الاستهلاك بحوالى ١٥ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة .

٤ — الفاقد والإسراف فى المياه (Losses & Wastes) : ويقصد به المياه المتسربة من لحامات المواسير المعيبة أو المواسير القديمة والصمامات ويقدر هذا الفاقد بحوالى ١٠ ٪ من الاستهلاك العام للمدينة ، الا أنه يمكن الحد منه بالعناية بعمل الوصلات واصلاح المواسير والصمامات .

٥ — مقاومة الحرائق (Fire Demand) : أن مجموع المياه المستعملة فى اطفاء الحرائق أثناء العام قد لا يتعدى رقما صغيراً بالنسبة للاستهلاك العام للمدينة — الا أنه عند حدوث حريق فى المدينة فان معدل استهلاك المياه

لمقاومة الحرائق يصل إلى أضعاف الاستهلاك العام للمياه مما يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم: شبكات مواسير التوزيع وكذلك المحطات الطلمبات وأحواض تخزين المياه.

وهناك معادلات اقتراحية لتقدير كمية المياه اللازمة لمقاومة الحرائق فى أمريكا الا أنها تعطى تصرفات كبيرة بالنسبة للتصرفات المتبعة فى مصر ومن هذه المعادلات :

(7) .... Kuickling Formula :- $Q = 700 \sqrt{P}$

(8) .... National Board of Fire Underwriters :-

$$Q = 1020 \sqrt{P}(1 - 0.01 \sqrt{P})$$

(9) .... Freeman John R. Formula :-

$$Q = 250 (P/5 + 10)$$

حيث : p = تعداد السكان بالألف .

Q = التصرف اللازم لمقاومة الحرائق .

مقدراً بالجالون بالدقيقة . (الجالون الأمريكى = ٣٫٧٨٥٤ لتر)

وتنص المواصفات المصرية على أن تعطى حنفية الحريق ٦٠ متر مكعب فى الساعة على الأقل وأن يكون مخزون الماء كافى لامداد الحنفية بمياه لمدة ساعتين أى ١٢٠ متر مكعب على الأقل .

(و) حساب توقعات وتقديرات الاستهلاك مستقبلا :

عند حساب توقعات أو تقدير مجمل الاستهلاك فى المستقبل لمدينة ما تمهيداً لاقتراح مشروعات المياه الجديدة فى المدينة يمكن الرجوع إلى تعدادات السكان السابقة فى المدينة لتقدير عدد السكان مستقبلا (أنظر مثال رقم ١) ثم الرجوع إلى الاستهلاكات الفعلية السابقة وبقسمة الاستهلاك الفعلى على التعداد المناظر يمكن الحصول على متوسط الاستهلاك على مدار السنة لكل

لكل شخص فى اليوم فى الفترة السابقة — ثم يحسب معدل الزيادة فى هذا المتوسط لكل سنة وعلى ضوء هذه البيانات يمكن افتراض نسبة زيادة هذا المتوسط فى السنين المقبلة وتقدير قيمته مستقبلا — وبديهى أن هذه الزيادة المقترحة للمتوسط الاستهلاك تتوقف على عوامل أهمها : الزيادة المنتظرة فى السكان إزدهار الصناعة ، ارتفاع مستوى الحياة ، التقدم فى مشروعات المرافق الأخرى .

وإذا فرضنا أن :

p = التعداد المقدر للمدينة مستقبلا .

q = متوسط الاستهلاك اليومى على مدار السنة مقدراً باللتر للشخص فى اليوم .

∴ = $p \times q$ = متوسط الاستهلاك اليومى للمدينة بأكملها على مدار السنة — وهو التصرف الذى يصمم عليه وحدات عمليات امداد المدينة بالمياه مستقبلا مع وجوب مراعاة التغيرات الموسمية واليومية الذى يتعرض لها التصرف والذى يؤثر على كفاءة الوحدات المختلفة (كما سيأتى ذكره فيما يلى بعد)

الا أنه أحيانا يمكن تقدير الاستهلاك الاجمالى للمدينة خلال الفترة المقبلة دون الرجوع إلى حساب مستقل لمستقبل تعداد المدينة ومعدل الاستهلاك للمياه فى المدينة كل على حدة — وذلك بالرجوع إلى الاستهلاكات الاجمالية الفعلية السابقة وحساب معدل التزايد كل سنة لهذا الاستهلاك الاجمالى ليكون أساساً لاقتراح قيمة لتزايده فى المستقبل ومن ثم تقديره فى الفترة المقبلة .

مثال (٢) يبين الجدول الآتى التصرفات الاجمالية السنوية لمدينة الاسكندرية فى السنوات من ١٩٤٩ حتى ١٩٦٩ — والمطلوب تقدير التصرفات الاجمالية السنوية وكذلك متوسط التصرف اليومى للمدينة واقصى تصرف يومى للمدينة فى فترة عام ١٩٧٠ حتى عام ١٩٩٠

السنة	اجمالى التصرف السنوى (متر٣)	السنة	اجمالى التصرف السنوى (متر٣)
١٩٤٨	٥٨٦٠٤٤٥٣	١٩٤٩	٥٩٩٦٢٦٣٨
١٩٥٠	٦٤٠٢٣٨١٣	١٩٥١	٦٧٥٨٠٦٤٦
١٩٥٢	٦٩٦١٩٥٧١	١٩٥٣	٧١٩٤٠٧٢٢
١٩٥٤	٧٤٢٦٧٠٠١	١٩٩٥٥	٨٠٠١٨٣٧٨
١٩٥٦	٨٢٥٧٦٣٥١	١٩٥٧	٨٢٦٧٤٥٢٩
١٩٥٨	٨٤٩٥٨٩٤٩	١٩٥٩	٨٦٢٩٠٩٩١
١٩٦٠	٩٠٦١٤٩١٤	١٩٦١	٩٤٧٠٣٣٥٤
١٩٦٢	٩٨٩٦٦٩٧٣	١٩٦٣	١٠٧٠٧٤٩١٢
١٩٦٤	١١٤٦٨٤٠٢٩	١٩٦٥	٦١٢١٤١١٣٤
١٩٦٦	١٣٤٧٦٨٠١٩	١٩٦٧	١٤٢٥٩١٦٨٩
١٩٦٨	١٤٦٤٤٣٢٦١	١٩٦٩	١٦١١٨٢٩٤٨

الحـــــل :

Q_1 = استهلاك المياه خلال سنة ١٩٤٩ = ٥٩,٩٦٢,٦٣٨ متر مكعب

Q_2 = استهلاك المياه خلال سنة ١٩٦٩ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ متر مكعب

وبحساب معدل التزايد السنوى = $\sqrt[n]{Q_2/Q_1} - 1$

$$= \sqrt[20]{\frac{161,182,948}{59,962,638}} - 1 = 5\,\%$$

إلا أن هذا المعدل لم تكن له صفة الثبات خلال العشرين سنة السابقة لذلك يلزم تقسيم فترة العشرين سنة السابقة إلى فترات زمنية مدى كل منها خمس سنوات (مثلا) للوقوف على التذبذب الذى طرأ على هذا المعدل والإتجاه العام لهذا التذبذب حتى يمكن القياس عليه عند تقدير توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة .

الفترة الزمنية ١٩٥٠ — ١٩٥٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٠ ٦٤,٠٢٣,٨١٣ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ لتر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[\text{٥}]{\frac{\text{٨٠,٠١٨,٣٧٨}}{\text{٦٤,٠٢٣,٨١٣}}} - \text{١,٠٠} = \text{٤,٥٤}\ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٥٥ — ١٩٦٠ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٥٥ ٨٠,٠١٨,٣٧٨ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[\text{٥}]{\frac{\text{٩٠,٦١٤,٩١٤}}{\text{٨٠,٠١٨,٣٧٨}}} - \text{١,٠٠} = \text{٢,٥٢}\ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٦٠ — ١٩٦٥ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٠ ٩٠,٦١٤,٩١٤ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب

∴ معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[\text{٥}]{\frac{\text{١٢١,٤١١,٦٣٤}}{\text{٩٠,٦١٤,٩١٤}}} - \text{١,٠٠} = \text{٦,٠٣}\ \%$$

الفترة الزمنية ١٩٦٥ — ١٩٦٩ :

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٥ ١٢١,٤١١,٦٣٤ متر مكعب

استهلاك المياه خلال عام ١٩٦٩ ١٦١,١٨١,٩٤٨ متر مكعب

... معدل التزايد السنوى

$$= \sqrt[٤]{\frac{١٦١,١٨٢,٩٤٨}{١٢١,٤١١,٦٣٤}} - ١,٠٠ = ٧,٣٣ \%$$

فاذا أخذنا متوسط التزايد السنوى للثلاثة زيادات المتقاربة كان هذا المتوسط هو ٦ ٪ وهى نسبة التزايد المقترحة لتقدير التصرفات الكلية للمدينة فى الفترة المقبلة .

توقعات الاستهلاك خلال العشرين سنة القادمة على أساس معدل تزايد ٦٪ سنوياً .

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٧٥ :

استهلاك عام ١٩٦٩ ١٦١,١٨٢,٩٤٨ متر مكعب

مدى التوقع ١٩٧٥ — ١٩٦٩ = ٦ سنوات

... استهلاك عام ١٩٧٥ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^٦ =

= ٢٢٨,٦٤١,٠٠٠ متر مكعب

$$\text{... متوسط الاستهلاك اليومى} = \frac{٢٢,٨٦٤١,٠٠٠}{٣٦٥} = ٦٢٦٤٠٠ \text{م}^٣$$

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٨٠ :

مــدى التوقــع ١٩٨٠ - ١٩٦٩ = ١١ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٠ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^١١ =

= ٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠ متر مكعب

... متوسط الاستهلاك اليومى = ٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠ / ٣٦٥ = ٨٣٨٣٠٠م.م.

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٨٥

مدى التوقع ١٩٨٥ - ١٩٦٩ = ١٦ سنة

... استهلاك عام ١٩٨٥ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^١٦ =

= ٤٠٩,٤٦١,٠٠٠ متر مكعب

... إذن متوسط الاستهلاك اليومى = ٤٠٩,٤٦١,٠٠٠ / ٣٦٥ = ١,١٢١,٨٠٠م٣

الفترة الزمنية التى تنتهى فى عام ١٩٩٠ :

مدى التوقع ١٩٩٠ - ١٩٦٩ = ٢١ سنة

... إذن استهلاك عام ١٩٩٠ = ١٦١,١٨٢,٩٤٨ × (١,٠٦)^٢١ =

= ٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠ متر مكعب

... متوسط الاستهلاك اليومى = ٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠ / ٣٦٥ = ١,٥٠١,٣٠٠ متر ٣

وبذلك يمكن وضع النتائج فى الجدول الآتى :

السنة	مجموع الاستهلاك السنوى المتوقع - متر مكعب	متوسط الاستهلاك اليومى متر مكعب
١٩٧٠	١٧٠,٨٥٥,٠٠٠	٤٦٨١,٠٠
١٩٧٥	٢٢٨,٦٤١,٠٠٠	٦٣٦,٤٠٠
١٩٨٠	٣٠٥,٩٧٣,٠٠٠	٨٣٨,٣٠٠
١٩٨٥	٤٠٩,٤٦١,٠٠٠	١,٢١١,٨٠٠
١٩٩٠	٥٤٧,٩٥٢,٠٠٠	١,٥٠١,٣٠٠

ويفرض أن أقصى استهلاك يومى للمدينة حوالى ١٥٠ - ٢٠٠ ٪ من متوسط الاستهلاك اليومى يمكن تقدير أقصى استهلاك يومى كما هو موضح فى الجدول الآتى :

السنة	أقصى استهلاك يومى ١٥٠٪ - ٢٠٠٪ من المتوسط
١٩٧٠	٨٠٠,٠٠٠ متر٣
١٩٧٥	٨٠٠,٠٠٠ متر٣
١٩٨٠	١,٤٥٠,٠٠٠ متر٣
١٩٨٥	٢,١٠٠,٠٠٠ متر٣
١٩٩٠	٢,٦٠٠,٠٠٠ متر٣

الباب الثانى

المواصفات والاختبارات المعملية للمياه

QUALITY and EXAMINATION
OF WATER SUPPLY

بالاضافة إلى الدراسات السابق ذكرها لتقدير كمية المياه ، فأنه من الضرورى القيام باختبارات معملية لمعرفة مواصفات المياه ولتقييمها من الناحية الصحية . وتهدف الاختبارات التى تجرى فى المعامل على عينة من الماء إلى الأغراض الآتية :

١ – الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية مورد الماء للاستعمال لامداد السكان بالمياه .

٢ – معرفة مدى عمليات التنقية اللازمة لازالة ما علق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض .

٣ – الحكم على مدى كفاءة خطوات عمليات التنقية فى القيام بوظيفتها كل خطوة على حدة . .

٤ – التأكد من قيام محطة التنقية كوحدة متكاملة بوظيفتها على الوجه الأكمل بازالة ماعلق بالماء من شوائب ومسببات الأمراض بجعله مطابقاً للمواصفات والمعايير الصحية الواجب توافرها فيه – إذ أن فى استعمال المياه ملوثاً دون تنقية ما يؤدى بحياة عدد كبير من الأرواح قد يصل إلى أضعاف ما يفقده العالم من أرواح بأى أسباب أخرى .

وتصل المياه الملوثة إلى الانسان مسببة له الأمراض بأحد الطرق الآتية :

١ – <u>الاستحمام فى المياه الملوثة</u> ، كمياه الأنهار والترع مما يؤدى إلى الاصابة بالبلهارسيا والانكلستوما وغيرها من الطفيليات . وتظهر ذلك حاليا فى المناطق التى يفتقر سكانها إلى المياه الصالحة للاستعمال المنزلى .

كما أن الاستحمام فى أحواض السباحة قد يؤدى إلى انتشار الأمراض ، إذا استعملها المصابون بأمراض الجلد أو العيون أو الجهاز التنفسى ، فهؤلاء

يتركون جراثيم هذه الأمراض فى الماء لتصب غيرهم ممن يستحمون — ولهذا فأنه يشترط فى حمامات السباحة اشتراطا خاصة بالنسبة لتعقيمها وتغيير مياهها باستمرار حتى لا تكون وسيلة لنقل العدوى من المريض إلى السليم .

٢ — الرى ، مما قد ينتج عنه تلوث الخضر والفاكهة التى قد تؤكل دون أن تطهى — بجراثيم الأمراض المعدية كالتيفود والدوسنتاريا — ولذا فأنه يجب العناية بغسيل مثل هذه المنتجات الزراعية قبل استعمالها حتى لا تكون وسيلة لانتقال المرض إلى مستهلكيها .

كما أن فى استعمال مياه الأنهار والترع المحتوية على طفيليات البلهارسيا والانكلستوما لرى الأرض دون أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول هذه الطفيليات إلى جسم الانسان مما يؤدى إلى الاصابة بهذه الأمراض .

٣ — استعمال الثلج ، الذى لم يراع الاشتراطات الصحية أثناء صناعته أو نقله إذ أن استعمال مثل هذا الثلج فى تبريد المشروبات والمأكولات خاصة أثناء فصل الصيف قد يؤدى إلى انتشار الأمراض بين مستعمليه بالرغم من أن عملية التبريد إلى درجة الصفر تقتل الكثير من الجراثيم كما أن خزن الثلج مدة طويلة قبل استعماله يؤدى إلى قتل بقية الجراثيم — ولذلك فان السلطات الصحية المسئولة تشترط فى مصانع الثلج اشتراطات تتعلق بسلامة المورد الذى يستخدم فى الصناعة وخلو مائه من مسببات الأمراض كما تشترط المواصفات الكافية بعدم تلوث الماء أو الثلج أثناء الصناعة والتداول :

٤ — مياه الشرب ، وهذه هى من أخطر الوسائل لانتشار الأمراض نظراً لكثرة استعمال المياه فى الشرب والاستعمالات المنزلية الأخرى فى جميع أنحاء المدينة ولهذا فا الأوبئة التى تحدث نتيجة تلوث مصدر المياه بالمدينة تتميز بانتشار المرض بين عدد كبير من الأفراد فى أماكن مختلفة فى المدينة

فى وقت واحد — هذه الظاهرة هى المؤشر الذى يدفع السلطات المسؤولة إلى فحص مصدر المياه الذى تستعمله المدينة للتأكد من صلاحيته .

وتدل الاحصائيات فى مختلف بلاد العالم على أن انتشار عمليات تنقية المياه وحسن ادارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلى بين السكان قد أدى إلى انخفاض كبير فى نسبة المصابين بالأمراض التى تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوث .

ويمكن تقسيم المياه بالنسبة لصلاحيتها للاستعمال كالآتى :

١ — المياه النقية الصالحة للاستعمال (Safe Water) :

وهو الماء الخالى من أية جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التى تكسبه لونا أو تجعله غير صالح للاستعمال أو غير مستساغ الطعم أو الرائحة — أى تتوافر فيه خاصتان أساسيتان وهما النقاء (Purity) والصلاحية (Wholes someness) والصلاحية فى هذا الصدد ، لفظ طبى المقصود به عدم احتواء الماء لاى شىء ضار بالصحة أما النقاء فهو صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة .

٢ — المياه الغير نقية (Polluted water) (أو الملوثة تلوثاً طبيعياً)

وهى المياه التى تعرضت لعوامل طبيعية اكسبتها تغيراً فى اللون والطعم أو الرائحة أو العكارة نظراً لوجود مواد غريبة عضوية أو غير عضوية . ذائبة أو عالقة فى الماء . الا أن هذا لا يعنى تأكيد عدم صلاحية المياه للشرب إذ قد لا يتسبب عن هذا التلوث أية أمراض أو ضرر بالصحة للمستهلك .

٣ — مياه غير صالحة للاستعمال (Contaminated water) (أو الملوثة تلوثاً بكتريولوجيا) :

وهى المياه التى تحتوى على بكتريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة نظراً لما تسببه من أمراض مما يؤكد عدم صلاحيتها لمياه الشرب .

ولا يوجد الماء فى الطبيعة نقياً كاملا يجعله صالحاً للاستعمال — الا نادراً إذ أن فى نفس اللحظة التى تبتدىء ذرات البخار فى التكثف إلى قطرات من الماء فى الجو لتسقط على هيئة امطار إلى الأرض ، فأنها تمتص بعض الغازات الموجودة فى الهواء ويعلق بسطحها أثناء تساقطها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة فى الجو — وكذلك بعض البكتريا السابحة فى الهواء — فاذا ما لامست سطح الأرض فانها أما أن تسيل على سطحه ملتقطة أثناء مسيرتها الطمى والمواد العالقة العضوية والغير عضوية وكذلك الأعداد الهائلة من البكتريا ، كما تذيب أثناء مسيرتها ما قد يقابلها من مواد قابلة للذوبان مثل المواد العضوية المتحللة أو المواد الغير عضوية مثل الأزوتيت ، الكبريتات ، الكلوريدات ....

أما إذا تسربت المياه داخل الأرض فانها تذيب أثناء تسربها فى مسام التربة نسبة من الأملاح التى تقابلها — ويتوقف تركيز هذه الأملاح على نوع طبقات الأرض وتكوينها وسرعة سريان الماء فيها وكذلك على عوامل جيولوجية أخرى .

والجدول رقم (٣ — ١) يبين المواد التى تتواجد فى المياه الطبيعية من مصادر مختلفة .

جدول رقم (٢ — ١)

« ميـــاه الأمطار »

مواد عالقـــة : بعض الشوائب التى قد تتواجد فى الجو عند نزول المطر

مواد ذائبـــة : الأكسيجين. الآزوت . ثانى أكسيد الكربون وبعض الأملاح

مواد عالقة غروية : لا شىء .

« المياه السطحية »

مواد عالقـــة : الطين والطمى والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزو أو البكتريا وكذلك المواد العضوية .

مواد ذائبـــة : الأكسجين . الآزوت . ثانى أكسيد الكربون . أحماض عضوية . نوشادر ، أملاح الكلوريدات والآزوتات والكبريتات .

مواد عالقة غروية : مواد ملونة وأحماض ومواد عضوية .

« المياه الجوفيـة »

مواد عالقـــة : بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادراً) .

مواد ذائبـــة : أملاح الكربونات البيكربونات . الكبريتات ، الآزوتات والكلوريدات والهيدروكسيد للمنجنيز والحديد والكلسيوم والصديوم والغازات مثل الأكسيجين والآزوت وأحيانا الميثيين وكبريتوز الهيدروجين .

مواد عالقة غروية : السلكا وأكسيد الحديد .

كما يبين الجدول رقم (٢ — ٢) ما يترتب على وجود مختلف المواد العالقة أو الذائبة والتى يعتبر وجودها فى الماء بتركيز زائد عن درجة معينة سبباً لرفض استعمال المياه كمصدر لامداد المدن بها .

جدول رقم (٢ – ٢)

- (١) المواد العالقة
  - البكتريا : بعضها يسبب أمراضاً
  - الطحالب : تسبب لونا وطعماً ورائحة .
  - الطمى : تسبب عكارة
- (٢) المواد الغروية
  - أكسيد الحديد : تسبب لوناً أحمر
  - المنجنيز : تسبب لونا أسود أو بنى
  - المواد العضوية : تسبب لونا وطعماً .
- (٣) الاملاح الذائبة
  - أملاح الكلسيوم والمغنسيوم
    - البيكربونات : تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً
    - الكربونات : تسبب قلوية وعسراً مؤقتاً
    - الكبريتات : تسبب عسراً دائماً
    - الكلوريدات : عسراً .
  - أملاح الصديوم
    - البيكربونات : تسبب قلوية
    - الكربونات : تسبب قلوية
    - الكبريتات : تسبب تكوين رغاوى فى الغلايات
    - الفاوريدات : تشويه الأسنان
    - الكلوريدات : طعم
- (٤) الغازات الذائبة
  - الأكسيجين : تأثير على المعادن
  - ثانى أكسيد الكربون : تأثير على المعادن وحموضه
  - كبريتور الهيدروجين تأثير على المعادن وطعم ورائحة

المياه وما تنقله من أمراض (Water & Disease)

وهناك أكثر من مرض تتسبب عن استعمال المياه الملوثة أى الغير صالحة للاستعمال ، ومن أهم هذه الأمراض :

١ — التيفود Typhoid

٢ — الدوسنتاريا الباسيلية والمعوية Dysentery

٣ — الكوليرا Cholera.

٤ — البلهارسيا Bilharzia

٥ — الباراتيفويد Paratiphoid

٦ — شلل الأطفال Infantile paralysis

وتتواجد البكتيريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض فى المياه الطبيعية نتيجة لقذف المخلفات السائلة فى مسطحات الماء — ولكنها تبدأ فى النقصان بسرعة لعدم صلاحية المياه الطبيعية كبيئة مناسبة لتكاثرها .

أما احتمال تواجد هذه البكتيريا فى المياه المنقاة فان يتأتى الا فى الحالات الآتية : —

١ — اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث (Cross Connections)

٢ — كسر فى شبكة مواسير المياه .

٣ — التنقية الغير كاملة للمياه .

٤ — غمر عمليات تنقية المياه أثناء الفيضانات العالية .

وبالاضافة إلى الأمراض المتسببة عن الجراثيم والتى سبق ذكرها — فان هناك أمراض تتسبب من تواجد نسبة عالية من المواد الكيماوية غير المرغوب فيها ومن هذا الأمراض : —

١ — تورم الغدة الدرقيــة (Goiter)

ومن أعراضه انتفاخ داخلى فى الرقبة — يعزى سبب هذا المرض إلى عدم

(٤)

حصول الجسم على القدر الكافى من اليود فى الطعام أو الشراب — وتقوم بعض السلطات المسئولة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية باضافة اليود على شكل يودور الصوديوم مرتين فى العام كل مرة لمدة أسبوعين وذلك لتعويض النقص فى كمية اليود فى مياه الشرب طول العام .

٢ — تآكل ميناء الأسنان (Mottled Emanmel of Teeth)

وهذا يتسبب من وجود الفلور فى الماء على هيئة فلوريدات (fluonides) بنسبة تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون (ملليجرام فى اللتر) — وهذه الظاهرة تحدث بصفة خاصة فى سن الطفولة حتى التاسعة — وهى الفترة التى يتم فيها تكوين ميناء الأسنان ولذلك تتجه بعض السلطات المسئولة صحياً فى البلاد الأجنبية بمعالجة المياه لتقليل نسبة الفلور حتى لا تزيد عن ١,٥ جزء فى المليون .

٣ — تسوس الأسنان (Dental Caries)

وهذا يتسبب إذا قلت نسبة الفلور فى الماء عن نصف جزء فى المليون نظراً لأن الفلور عنصر هام لبناء الأسنان خاصة فى سن الطفولة .

ولذلك تتجه بعض السلطات المسؤلة صحياً فى بعض البلاد الأجنبية باضافة الفلور إلى الماء حتى لا يقل تركيزه عن نصف جزء فى المليون — ولا يزيد عن ١,٥ جزء فى المليون , — وتحتاج هذه العملية إلى رقابة مستمرة واشراف فنى دقيق .

وبالنسبة لاضافة الفلور أو اليود إلى الماء — كما يوصى بذلك بعض المسؤلين صحياً لتعويض نقصهما فى الميـــاه المستعملة للشراب — فان هناك البعض الآخر يعارض مثل هذا الرأى إذ لا يؤمنون بمبدأ استعمال مورد مياه المدينة كوسيلة لمعالجة الأهالى بها — ويرون أن اعطاء اليود أو الفلور للأفراد المحتاجين على هيئة أقراص لمركباتها أو باضافتها إلى ملح الطعام اجدى وأنفع بل أكثر

اقتصاداً . نظراً لأن كمية المياه المستعملة للشرب ضئيلة جداً بالنسبة لحجم الماء المستعمل — ومن ثم فان نسبة كبيرة من الفلور أو اليود المضافة لا تصل إلى جسم الانسان ومن ثم لا يستفاد منها اطلاقا .

٤ — التسمم بالرصاص (Lead poisoning) :

الرصاص لا يوجد عادة فى المياه الطبيعية ولكن الماء اليسر الذى يحتوى على نسبة عالية من ثانى أكسيد الكربون يذيب بعض الرصاص عند مروره فى المواسير ويصبح استعمال الماء خطراً إذا زاد تركيز الرصاص فيه عن نصف جزء فى المليون . إذ أن جسم الانسان يميل إلى اختزان الرصاص بدلا من التخلص منه .

٥ — الاضطرابات المعوية (Intestinal Derangements) :

ويسبب الاضطرابات المعوية احتواء الماء على أملاح أو مواد عضوية ذائبة غير مرغوب فيها بالرغم من عدم تواجد جراثيم لأمراض معدية .

كما أنه يعتقد أن وجود أملاح كربونات أو كبريتات أو كلوريدات الكلسيوم والمغنسيوم ينتج عنه آثار ضارة فى الكلى قد تساعد على تكوين حصوات فيها — كما أن المياه التى تحتوى على أملاح الأزوتات بنسبة تزيد عن عشرة أجزاء فى المليون قد تكون سبباً فى أحداث مرض زرقان الأطفال (Blue Babies) إذ أن الآزوتات تختزل فى الجهاز الهضمى إلى أزوتيت التى تتحد مع كرات الدم الحمراء عندما يمتصها الجسم فى الأوعية الدموية مما ينتج عنه تقليل نسبة الأكسوجين فى الدم وبالتالى تغير لون الدم إلى اللون الأزرق .

اختبارات المياه Water Examintaions

يشمل الفحص الصحي للمياه الاختبارات الآتية :

١ – الاختبار الطبيعي (Physical examination)

٢ – الاختبار الكيمائي (Chemical examination)

٣ – الاختبار البكتريولوجي (Bactefiological examination) .

٤ – الاختبار الميكروسكوبي (Microscopical examination) .

وجميع الاختبارات لازمة لدراسة مدى صلاحية المياه للاستعمال .

(١) الاختبارات الطبيعية

Physical Examination

(ا) قياس درجة الحرارة :

وهذا الاختبار لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه مائلة إلى البرودة – وفي هذا تمتاز المياه الجوفية عن المياه السطحية .

(ب) قياس الطعم والرائحة :

وهذا الاختبار أيضاً لا أهمية له من الناحية الصحية الا أنه يفضل أن تكون المياه مستساغة الطعم (Palatable) لا رائحة لها .

ويتواجد الطعم والرائحة في المياه نتيجة للعوامل الآتية :

١ – وجود مواد عضوية حيوانية أو نباتية متحللة وهذا ما يحدث عادة في المياه الجوفية من الآبار السطحية .

٢ – غياب الأكسجين الذائب من الماء مما يساعد على اختزال بعض أملاح الكبريتات إلى كبريتور الهيدروجين .

٣ – تكاثر الطحالب (Algae) وما تنتجه هذه الطحالب من زيوت طيارة .

٤ — كما تكثر الروائح ويتركز الطعم فى المياه بعد موت هذه الطحالب نتيجة لتحولها لمواد عضوية قابلة للتحليل .

٥ — المواد الكيمائية فى المخلفات السائلة .

٦ — وجود بعض المخلفات الصناعية فى المياه — خاصة تلك المخلفات التى تحتوى على الفينول الذى تظهر رائحته بوضوح بعد اضافة الكلور للماء .

وتقاس رائحة الماء بتحضير عينات من الماء تحت الاختبار مخففة عدة درجات ويحدد بواسطة حاسة الشم التخفيف الذى تنعدم عنده ظهوره الرائحة . وهذا ما يسمى : Threshold Odour Value

(ح) قياس كمية المواد العالقة بالماء (Suspended Solids) :

وذلك بترشيح كمية معلومة من الماء فى بوتقة معلومة الوزن ذات قاع مسامى من الزجاج المحروش (Sintered glass crucible) وهو يسمح بمرور الماء فقط بعد حجز المواد العالقة ومن ثم تحسب كمية المواد العالقة بوزن البوتقة بعد تجفيفها .

ووحدة تقدير كمية المواد العالقة هى (ملليجرام فى اللتر (milligram/liter) وهو ما يسمى أحيانا تجاوزا (جزء فى المليون) (part per million) .

فاذا قيل أن عينة من الماء تحتوى على ٢٠٠ ملليجرام فى اللتر — كان معنى ذلك أن كل لتر من الماء يحتوى على ٢٠٠ ملليجرام من المواد العالقة .

(د) درجة العكارة (Turbidity) :

وهى تدل على اعاقة المواد العالقة لمرور الضوء خلال الماء وتتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .

وهناك أكثر من طريقة القياس درجة العكارة للماء إلا أن جميعها تعطى نتائجها مقدرة بجزء فى المليون أو ملليجرام فى اللتر .

طرق قياس درجة العكارة :

١ — المقارنة بماء معروف درجة عكارته :

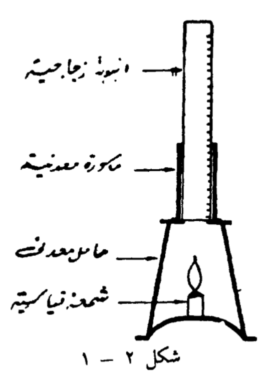
ويحضر هذا الماء عادة باستعمال مستحلب من تراب فولر (Fuller's Earth) وتخفيف هذا المستحلب بالماء المقطر بكميات محسوبة لتعطى عينات مختلفة من الماء درجة عكارتها : ٥ و ١٠ و ١٥ و ٠٠٠ و ١٠٠ جزء فى المليون ثم توضع هذه العينات القياسية داخل زجاجات شفافة من حجم ونوع واحد لاستعمالها لمقارنة العينة المراد فحصها بعد وضعها فى زجاجة من نفس الشفافية والحجم .

وطريقة المقارنة هذه تعطى نتائج طيبة فى حالة عدم وجود الطرق الأخرى لقياس درجة العكارة .

٢ — جهاز جاكسون لقياس درجة العكارة (Jackson Turbidimater) :

وهو كما فى الشكل رقم (٢ — ١) عبارة عن شمعة قياسية أو مصباح كهربائى بنفس القوة توضع فوقها وعلى مسافة ثابتة منها أنبوبة زجاجية مدرجة داخل أنبوبة نحاسية بدون قاع .

وعند استعمال هذا الجهاز يصب الماء تحت الفحص تدريجياً فى الأنبوبة الزجاجية حتى يختفى ضوء الشمعة أو المصباح وبديهى أنه كلما زادت درجة العكارة قل ارتفاع الماء فى الأنبوبة الزجاجية والذى يختفى عنده الضوء — على أنه زيادة فى الاحتياط يجب أن تجرى هذه التجربة بعيداً عن ضوء النهار حتى لا تتأثر النتائج بمدى قوة الضوء فى الحجرة ، الا أن هذه الطريقة تستعمل غالباً فى قياس عكارة الماء قبل التنقية .



شكل ٢ — ١

والجدول رقم (٢ — ٣) يبين ارتفاع الماء فى الأنبوبة الزجاجية وما يقابله من درجات العكارة مقدرة بالجزء فى المليون .

جدول رقم (٢ — ٣)
ارتفاع الماء بالمليمتر فى أنبوبة جاكسون وما يقابله
من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون

تفاع المـــاء	درجة العكارة	ارتفاع الماء	درجة العكارة
٢٣	١٠٠٠	٢١٥	١٠٠
٢٦	٩٠٠	٢٣٨	٩٠
٢٩	٨٠٠	٢٦٥	٨٠
٣٢	٧٠٠	٢٩٨	٧٠
٣٨	٦٠٠	٣٤١	٦٠
٤٥	٥٠٠	٣٩٨	٥٠
٥٥	٤٠٠	٤٨١	٤٠
٧٣	٣٠٠	٦١٨	٣٠
١٠٨	٢٠٠		

٣ — درجة شفافية المـاء (Water clarity) :

وتقاس درجة الشفافية بقياس عمق الماء الذى يبدأ عنده اختفاء سلك من البلاتين قطره ملليمتر واحد ويتكون الجهاز اللازم لهذا الاختبار . من أنبوبة زجاجية مدرجة بقطر حوالى ستة سنتيمترات يوجد بقاعها السلك البلاتينى ، وعنداجراء التجربة يصب الماء فى الأنبوبة حتى يبتدىء السلك فى الاختفاء فيقاس ارتفاع الماء.

والجدول رقم (٢ — ٤) يبين ارتفاع الماء بالسنتيمتر فى الأنبوبة وما يقابله من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون — ويعتبر الماء صالحا للاستعمال إذا بلغ العمق اللازم لاختفاء السلك البلاتينى ١٢٠ سنتيمتر فأكثر .

جدول رقم (٢ — ٤)
درجة الشفافية (ارتفاع الماء فى الأنبوبة بالسنتيمتر) وما يقابله
من درجة العكارة مقدرة بالجزء فى المليون

درجة الشفافية	درجة العكارة	درجة الشفافية	درجة العكارة
٥	٢٨٨	٦٠	١٦
٧,٥	١٦٥	٦٥	١٥
١٠	١١٠	٧٠	١٤
١٥	٨٠	٧٥	١٣
٢٠	٦٠	٨٠	١٢
٢٥	٤٦	٨٥	١١
٣٠	٣٧	٩٠	١٠
٣٥	٣١	٩٥	٩,٥
٤٠	٢٦	١٠٠	٩
٤٥	٢٣	١٠٥	٨
٥٠	٢٠	١١٠	٧,٥
٥٥	١٨	١٢٠	٥

٤ — جهاز هليج لقياس العكارة (Helige Turbidimeter) :

وهو عبارة عن فوتو متر ضوئى تقاس به العكارة بمقارنة شعاعين ضوئين أحدهما ينفذ فى الماء المراد قياس عكارته والآخر ينعكس بداخله . وبتأسيس (Standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تدريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى نوع من المياه .

٥ — جهاز الخلية الكهروضوئية (Photo-eletric cell apparatus) :

وهو أحدث الأجهزة وأدقها ، تعتمد نظرية تشغيلية على تحويل الضوء النافذ فى المياه العكرة إلى تيار كهربائى يمر فى جلفانومتر لقياس هذا التيار ، وبتأسيس (standardisation) الجهاز على مياه ذات عكارات معلومة يمكن تدريج الجهاز ومن ثم يمكن قياس عكارة أى عينة من المياه .

(هـ) معامل نعومة المواد العالقة (Coefficient of fineness) :

ويقدر هذه المعامل بقسمة وزن المواد العالقة الموجودة فى العينة مقدراً بالجزء فى المليون على درجة عكارة العينة مقدراً بجزء فى المليون كذلك .

وهذه المعامل يدل على حجم المواد العالقة فى الماء ، فاذا كان أقل من واحد دل ذلك على أن المواد العالقة أكثر دقة ونعومة من تراب فولر ، والعكس بالعكس .

(و) اختبار لون الماء (colour) :

وينتج اللون فى الماء من ذوبان المواد العضوية أو تواجدها فى الماء فى حالة تعلق غروى (colloidal) — ويجب ازالة اللون ولو كان غير ضار بالصحة العامة لما قد يتسبب فيه من عدم استساغة الماء للشرب :

(ز) اختبار المواد الذائبة (Dissolved salids) :

ويقاس كمية المواد الذائبة فى عينة من الماء بترشيحها لازالة المواد العالقة أولا ثم تبخيرها فى بوتقة معلومة الوزن – ومن ثم تحسب كمية المواد الذائبة بوزن البوتقة بعد تمام التبخير .

الخواص الطبيعية للمياه النقية الصالحة للاستعمال :

وتعتبر المياه الصالحة للاستعمال إذا توافرت فيها الشروط الطبيعية الآتية :

١ – أن يكون الماء خالياً من الطعم والرائحة الغير مستساغين .

٢ – ألا تزيد العكارة عن خمسة أجزاء فى المليون .

٣ – ألا يزيد اللون عن عشرين جزء فى المليون .

٤ – ألا تزيد المواد الذائبة عن ألف جزء فى المليون .

٢ – الاختبارات الكيميائية
Chemical Examinations

وهذه يمكن تقسيمها إلى اختبارات عضوية واختبارات غير عضوية ولكلا النوعين أهمية خاصة لدى العاملين فى تنقية المياه لتقدير مدى تلوث المياه وعمر هذا التلوث ، وكذلك لقرير نوع المعالجة اللازمة لتنقية المياه وجعلها صالحة للشرب أو الصناعة .

ا – التحاليل العضوية
Organic Analysis

والغرض من هذه التحاليل الكشف على مدى تلوث المياه وتقدير تركيز المواد العضوية وكذلك المركبات الكيمائية العضوية الناتجة من تحلل هذه المواد وأهمها مركبات الأزوت : النوشادر الحر أو المتحد ، النوشادر الزلالى ، الآزوتيت ، الآزوتات – ولكل من هذه المركبات أهميتها فى الاستدلال على مدى تلوث المياه .

١ — النوشادر الحروالنوشادرالملحى أو المتحد Free or Combined Amonia)

ويدل وجود النوشادر الحر أو المتحد على هيئة بيكربونات النوشادر على حدوث تلوث حديث للمياه ، بمواد عضوية حيوانية الأمر الذى له أهميته وخطورته على الصحة العامة .

٢ — النوشادر الزلالى (Albuminoid Amonia) :

ويدل وجود هذا النوشادر الزلالى وحده فى الماء على تلوثه بمواد عضوية نباتية ، إذ أن النوشادر الناتج من الموراد العضوية الحيوانية سريع التأكسد إلى أزوتيت ثم أزوتات . بينما يبقى جزء كبير من النوشادر النباتى دون تأكسد وهو ما يطلق عليه النوشادر الزلالى .

٣ — تقدير الأزوتيت (Nitrites) :

ويدل وجود أملاخ الآزوتيت وحدها فى الماء على نشاط بكتيرى فى أكسدة النوشادر إلى أزوتيت . أى يدل على تلوث حديث نسبياً الا أنه انقطع وتوقف ، إذ أن الأزوتيت من المواد السريعة التأكسد إلى أزوتات .

٤ — تقدير الآزوتات (Nitrates) :

والآزوتات الخطوة الأخيرة لتأكسد المواد العضوية بواسطة البكتريا — ويدل وجود املاح الآزوتات وحدها على تلوث قديم انقطع وتوقف .

الا أنه من النادر أن يتواجد أى من هذه الأملاح فى الماء على حده بل يتواجد أكثر من واحد منها معا فى نفس العينة من الماء ؛ :

فاذا وجد النوشادر مع الآزوتيت دل ذلك على تلوث حديث نسبياً ونشاط للبكتيريا فى المراحل الأولى لأكسدة المواد العضوية وتثبيتها :

كما يدل تواجد الآزوتيت والآزوتات فى نفس العينـــة على قرب انتهاء أكسدة المواد العضوية الملوثة للمياه . وأن هذا التلوث قديم وتوقف .

أما إذا تواجد النوشادر مع الآزوتات فان هذا يدل على تلوث قديم تم أكسدة ما به من مواد عضوية . وحدوث تلوث حديث فى المراحل الأولى لنشاط البكتيرى فى أكسدته .

ويدل تواجد النوشادر والآزوتيت والآزوتات معا فى نفس مصدر المياه على تلوث مستمر بالمواد العضوية مع نشاط مستمر فى أكسدة هذه المواد - الأمر الذى يوحى بالخطر من استخدام هذا الماء دون معالجة على الصحة العامة

كما يدل وجود النوشادر الزلالى مع النوشادر الحر أو المتحد على تلوث عضوى من مصادر نباتية مضاف إليها تلوث عضوى آخر من مصادر حيوانية .

الا أنه من الممكن أن تتواجد هذه المركبات العضوية فى الماء الأسباب أخرى غير التلوث بالمواد العضوية النباتية أو الحيوانية ، ومن أمثلة ذلك : تواجد النوشادر فى مياه الأمطار خاصة فى المناطق الصناعية . تواجد النوشادر فى المياه الجوفية لمرورها على طبقات من الأرض تحتوى على أملاح نوشادرية تواجد الآزوتيت بسبب اختزالها بأملاح ومركبات قابلة للتأكسد مثل أملاح الحديدوز . ولذلك فأنه يلزم معانيه مصدر المياه - ودراسة جميع الاحتمالات عن أسباب تواجد هذه المركبات فى الماء قبل الحكم على المياه بأنها ملوثة تلوثا عضوياً بسبب احتوائها لهذه الكيماويات .

٥ - وهناك اختبارات كيمائية عضوية أخرى ليس لها أهمية كبيرة فى الاختبارات المعملية للمياه وان كان لها أهمية كبيرة فى فحص عينات المخلفات السائلة للمدن والصناعات - ومن أمثلة هذه الاختبارات :

— اختبار كجلدهل لتقدير الآزوت الكلى .
— اختبار الأكسوجين الحيوى الممتص .
— اختبار الأكسوجين الممتص من البرمنجانات الحمضية .

وتشترط بعض المواصفات الا يزيد تركيز مركبات الآزوت فى المياه الصالحة للاستعمال عما هو مبين فى الجدول ٢ — ٥ مقدراً بالجزء فى المليون (مليجرام/اللتر)

جدول رقم (٢ — ٥)
التركيز المسموح به لمركبات الآزوت

المركبات	جيدة	متوسطة	أقل من المتوسط
	نوع الميـــــــاه		
النوشادر الحر	٠,٠٠٢ —> ٠,٠٢	٠,٠٢ —> ٠,٠٥	٠,٠٥ فأكثر
النوشادر الزلالى	٠,٠١٠ —> ٠,٠٥	٠,٠٥ —> ٠,١٠	٠,١٠ فأكثر
الآزوتيت	صفر —> ٠,٠٠١	٠,٠٠١ —> ٠,٠٠٣	٠,٠٠٣ فأكثر
الآزوتات	صفر —> ٠,١	٠,١ —> ٠,٥	٠,٥ فأكثر

ب — التحاليل الغير عضوية

Inorganic Analysis

والغرض من هذه التحاليل معرفة نسبة الأملاح المعدنية فى المياه لتقدير نوع المعالجة اللازمة لتنقيتها وجعلها صالحة للشراب أوالصناعة مثل إزالة الأملاح المسببة لعسر الماء ، أو ازالة أملاح الحديد والمنجنيز ... وهذه التحاليل تشمل ما يأتى :

١ — اختبار التوصيل الكهربائى :

والغرض من هذا الاختبار قياس تقريبى لنسبة الأملاح الذائبة فى الماء

وهو أكثر استعمالا لأغراض مقارنة عينات الماء المأخوذة من نفس المصدر وعلى فترات متباعدة من الزمن إذ أن الأملاح الموجودة فى هذه العينات غالباً ما تكون واحدة وان اختلف تركيزها من وقت لآخر .

٢ — قوة تركيز تأين الايدروجين (pH Value) :

والغرض من هذا الاختبار تقدير درجة قوة حموضة الماء أو قلويته . وليس كمية الحموضة أو القلوية . وذلك بتقدير قوة تركيز الايدروجين المتأين (أيون الايدروجين) الموجود فى الماء والذى يرمز له بالرمز (pH) .

ويمكن تفسير الفرق بين قوة الحموضة أو القلوية وبين كمية الحموضة أو القلوية إذا علمنا الحقائق الكيمائية الآتية :

١ — المحاليل التى تحتوى على مركبات كيمائية ذائبة كالأحماض أو القلويات أو الأملاح . تتأين أى تتفتت إلى ذرات تحمل شحنات كهربائية تسمى بالأيونات .

٢ — المياه التى تحتوى على أحماض تكثر فيها أيونات الايدروجين الموجبة (يد $^{+}$) بينما تحتوى المياه المحتوية على ايدروكسيد (مثلا) على أيونات الايدروكسيد السالبة (يد أ $^{-}$) .

٣ — الأحجام المتساوية من المحاليل العيارية من الأحماض تتعادل مع حجم مماثل من محلول عيارى من نفس القلوى (المحلول العيارى هو المحلول الذى يحتوى على عدد من الجرامات من القاوى أو الحامض يساوى الوزن المكافىء لاى منهما مذابا فى لتر واحد من الماء والمحلول العشرعيارى — مثلا — هو الذى يبلغ تركيز الحامض أو القلوى عشر تركيز المحلول العيارى ... وهكذا) . وبذلك يمكن القول بأن المحاليل العيارية ذات القوة الواحدة تحتوى على نفس كمية الحامض بدليل أنها تتعادل مع نفس الحجم من محلول من نفس القوة من القلوى .

٤ - كلما كان الحامض قوياً زادت نسبة التأين فى محاوله إلى أيونات الهيدروجين . فمثلا نسبة التأين فى محلول عشر عيارى من حامض الهيدروكلوريك هى ٨٤ ٪ بينما تصل نسبة التأين لمحلول عشر عيارى من حامض الخليك هى ١,٣ ٪ هذا بالرغم من تساوى كمية الحامض فى كل من المحلولين .

٥ - تقدر درجة تركيز أيون الهيدروجين فى الماء المقطر بالكمية ٠,٠٠٠٠٠٠١ جرام (١٠)^-٧ من أيونات الهيدروجين فى اللتر - ولما كان عدد أيونات الإيدروكسيد مساوياً لعدد أيونات الهيدروجين فى الماء المقطر فيكون تركيز أيونات الايدروكسيد هى الأخرى ٠,٠٠٠٠٠٠١ (١٠)^-٧ جرام فى اللتر . ولقد اتفق تبسيطاً للأرقام على ذكر اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين فى المحلول لبيان قوة تركيز هذه الأيونات - وبذلك يرمز لتركيز أيونات الهيدروجين فى الماء المقطر بالرقم ٧ وهو يساوى - لو ١٠^-٧ وهى المسماة بدرجة التعادل .

٦ - كلما زاد تركيز أيونات الهيدروكسيد نتيجة زيادة قوة القلوية قل تركيز أيونات الهيدروجين إلى أن يصل تركيز أيونات الهيدروكسيد إلى جرام واحد فى اللتر وبذلك يكون اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين هو «١٤» - أما إذا زاد تركيز أيونات الهيدروجين نتيجة لزيادة قوة الحامض فان اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين يقل تدريجياً حتى يصل إلى «١» .

٧ - بذلك يمكن القول أنه إذا قيست درجة تركيز الهيدروجين لعينه من الماء ووجدت أقل من «٧» كان ذلك دليلا على حامضيتها ، وبالعكس إذا وجدت أكثر من «٧» كان ذلك دليلا على قلويتها .

ويمكن قياس قوة تركيز أيونات الهيدروجين بالطرق الآتية :

— تقدير كمية الجهد الكهربائى الناتج من أيونات الهيدروجين .

— اضافة دليـــل (Indicator) إلى العينة ومقارنة اللون الناتج مع اللون الناتجة من اضافة نفس الدليل إلى مياه معلومة قوة تركيز أيونات الهيدروجين لها .

ولقوة تركيز أيونات الهيدروجين أهمية خاصة فى عمليات نقية المياه وكذلك الحكم على خصائص المياه ومدى صلاحيتها للاستعمال . فالمياه ذات pH منخفض قد تضر بالصحة لاحتوائها على أملاح كبريتات الكلسيوم أو المغنسيوم مثلا — كما أنها قد تسبب تآكلا للمعادن (المواسير وغيرها) لاحتوائها على ثانى أكسيد الكربون مذابا فيها — كما أن المياه ذات « p H » مرتفع تحتوى على أملاح كربونات وبيكربونات الكلسيوم المسببة لعسر الماء. كما قد يكون ضارة بالصحة .

كما أن المروبات المختلفة المستعملة فى معالجة المياه قبل الترسيب تتأثر كفاءة تشغيلها بدرجة تركيز أيونات الهيدروجين فى الماء المعالج — الأمر الذى يستدعى أحيانا معالجة هذه المياه لضبط الـ « pH » فيها قبل اضافة المروبات للحصول على أكبر كفاءة للتشغيل .

٣ — قياس قلوية وحموضة وملوحة المياه Alkalinity & Acdity & Salinity

يكون الماء قلويا إذا احتوى على أملاح الكربونات أو البيكربونات أو أو الايدروكسيد — وأملاح الكربونات والبيكربونات هى الأكثر تواجداً فى المياه أما أملاح الإيدروكسيد فنادراً ما تواجد فى المياه الطبيعية الا أنها قد تتواجد فى المياه المعالجة لازالة العسر منها وفى هذه الحالة قد تكتسب المياه طعماً جيريا (flat taste) كما أن أملاح الإيدروكسيد لا تتواجد مع أملاح البيكربونات فى عينة واحدة .

ويكون الماء حامضياً عند احتوائه ثانى أكسيد الكربون أو الأحماض المعدنية مثل حامض الكبريتيك .

ويسمى الماء مالحا إذا احتوى على كلوريدات أو كبريتات الصديوم الكلسيوم أو المغنسيوم أو البوتاسيوم .

٤ — قياس أملاح عسر الماء Hardness

ويكون الماء عسراً إذا احتوى أملاح الكلسيوم أو المغنسيوم وفى أحوال نادرة أملاح الزنك والقصدير والحديد والألمنيوم — هذه الأملاح قد تسبب طعماً أو اضطرابات معوية عند استعمالها للشرب كما تتفاعل مع الصابون مكونة رواسب متماسكة تحول دون تكوين رغوة الصابون . أما فى الصناعة فانها تضر بالأقمشة عند تجهيزها . وإذا استعملت فى غلايات المياه الساخنة فانها ترسب على جدران الغليات طبقة ماحية عازلة للحرارة ، كما أن هذه الطبعة قد تتشق مما يؤدى إلى انفجار الغلايات بسبب التبخر المفاجىء للمياه .

لهذه الأسباب يجب تقدير عسر المياه قبل استعمالها المنزلى أو الصناعى حتى يمكن ازالة هذا العسر للدرجة المناسبة للاستعمال ويعتبر الماء يسراً إذا قل تركيز هذه الأملاح عن خمسين جزء فى المليون .

٥ — تقدير أملاح الكلوريدات (Chlorides) :

وأكثر الكلوريدات انتشاراً فى الماء هو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ووجود هذا الملح فى الطعام يكسبه طعماً غير مستساغ — ويتوقف التركيز المسموح به على طباع السكان واحتواء الماء على أملاح أخرى تظهر من طعم الكلوريدات — ولا تنص المواصفات على الحد من أملاح الكلوريدات لأسباب صحية بل تحد منها بسبب تركيز الطعم فى الماء — إذ أن التأثير الصحى

لازدياد تركيز الكلوريدات لا يظهر الا عند وصول التركيز إلى ما يقرب من مياه البحار . بل على النقيض ، فأنه فى بعض البلاد الحارة يفضل اضافة الكلوريدات إلى الماء لتعويض ما يفقده الجسم منها أثناء افراز العرق من الجسم — دون أية اعتراض من مستعملى المياه .

٦ — تقدير تركيز أملاح المعادن : (Mineral salts)

مثل الصوديوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، المنجنيز . النحاس ، الرصاص الكلسيوم . المغنسيوم . ولكل من هذه المعادن تركيز يجب الا تتجاوزه والا اعتبر الماء غير صالح للاستعمال المنزلى أو الصناعى لما يسببه من اضرار بالصحة العامة أو متاعب فى الصناعة .

ويعتبر الماء صالحاً للاستعمال إذا كان تركيز أملاح المعادن الذائبة أقل من الحد الأقصى (كما تشترطه بعد المواصفات) والمبين فى الجدول رقم (٢ — ٦) .

جدول رقم (٢ — ٦)
الحد الأقصى لتركيز المواد الكيماوية فى الماء بعد التنقية
مقدراً بالجزء فى المليون (جرام/اللتر)

المادة	الحد الأقصى	المادة	الحد الأقصى
الرصاص	٠٠,٠١	الخارصين (الزنك) .	١٥,٠٠
الزرنيخ	٠٠,٠٥	الكلوريدات	٢٥٠,٠٠
السلنيوم	٠٠,٠٥	الكبريتات	٥٠,٠٠
الفلورين	١,٠٠	القلوية الكلية	٤٠٠,٠٠
النحاس	٠٠,٣	مركبات الفينول . . .	٠٠,٠٠١
الحديد	٠٠,٣	مجموعة الأملاح الذائبة	١٠٠٠,٠٠
المنجنيز	٠٠,٣		
المغنسيوم.	١٢٥,٠٠		

٧ — تقديرات الغازات الذائبة فى الماء :

وأهم هذه الغازات الأكسوجين ، ثانى أكسيد الكربون ، كبريتور الايدروجين ، الميثين .

الاكسوجين (Oxygen)

كلما تواجد الأكسوجين ذائباً فى الماء إلى ما يقرب درجة التشبع دل ذلك على صلاحيته للاستعمال إذ أنه عند تلوث الماء بالمواد العضوية فان أنواع خاصة من البكتيريا تأخذ فى استهلاك الأكسوجين المذاب فى الماء لأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة والجدول رقم (٢ — ٧) يبين درجة ذوبان الاكسوجين فى الماء فى درجات الحرارة المختلفة عند ضغط جوى قدره ٧٦ سنتيمتراً من الزئبق .

جدول رقم (٢ — ٧)

درجة ذوبان الأكسوجين فى الماء

درجة الحرارة	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥
التركيز عند التشبع	١٤,٦٦	١٢,٨٠	١١,٣٣	١٠,١٥	٩,١٧	٨,٣٨

وتنص بعض المواصفات على ألا يقل ذوبان الأكسوجين فى الماء عن ٩٠ ٪ من التشبع ليكون الماء مقبولا صالحاً للاستعمال .

ثانى أكسيد الكربون (Carbon dioxide)

يتواجد ثانى أكسيد الكربون فى الماء نتيجة تحلل المواد العضوية أو نتيجة نشاط وتنفس بعض الكائنات الحية الموجودة فى الماء ويصل تركيز ثانى أكسيد الكربون فى المياه الجوفية إلى خمسين جزء فى المليون بينما لايزيد تركيزه فى

المياه السطحية عن جزئين فى المليون — وبسبب تواجد ثانى أكسيد الكربون فى الماء تذوب بعض أملاح الكربونات مثل كربونات الكلسيوم والحديد التى يمكن ازالتها بازالة ثانى أكسيد الكربون من الماء — الا أنه يفضل تواجد أكسيد الكربون ذائباً فى الماء بتركيز معين . حيث يكسب الماء طعماً مقبولا كما أنه يسمح بترسيب طبقة رقيقة من الكربونات على الجدار الداخلى للمواسير مما يمنع تآكلها .

كبريتور الهيدروجين (Hydrogen sulphice) :

يتواجد هذا الغاز فى الماء نتيجة تحلل المواد العضوية الكبريتية تحللا لاهوائياً ولا يسمح بتواجده مذابا فى الماء بتركيز يزيد عن جزء واحد فى المليون نظراً لرائحته الكريهة التى تشبه رائحة البيض الفاسد كما أن تواجده فى الماء يعتبر من ضمن العوامل المساعدة على تآكل المواسير المعدنية ، إذ أنه يتحد مع الحديد مكونا مركبات من الحديد والكبريت أو يذوب فى الماء مكونا أحماضاً تتفاعل مع الحديد مباشرة .

الميثـين (Methane) :

وهو غاز قابل للاشتعال يتواجد فى الماء نتيجة التحلل اللاهوئى لبعض المواد العضوية — ولا يتواجد هذا الغاز عادة فى المياه السطحية ، الا أنه قد يتواجد فى المياه الجوفية بالتركيز العالى الكافى ليتصاعد منها إلى الهواء مكونا خليطاً قابلا للانفجار .

الاختبارات البكتريولوجية
Bacteriological Examination

البكتيريا هى كائنات حية متناهية فى الصغر لا ترى تحت الميكروسكوب العادى — وهى تتكاثر بالانقسام ويشترط لهذا التكاثر أن يتواجد الغذاء والحرارة والرطوبة اللازمة .

والبكتريا أما مفيدة أو ضارة : ومن البكتيريا المفيدة هذه الأنواع التى توجد فى الطبقة العليا من سطح الأرض والتى تعمل على تثبيت أو أكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ، وتلك الموجودة فى الجهاز الهضمى لجميع الحيوانات والتى تعمل على هضم الطعام فى الجسم وتحويله إلى مادة قابلة للامتصاص كذلك من الأنواع المفيدة تلك البكتيريا التى تعمل على تخمر اللبن الزبادى ، تخمر خميرة الخبز ، والتى تساعد فى صناعة الزبد والجبن ...

ومن البكتيريا الضارة تلك الأنواع التى تتكاثر على حساب المادة العضوية الحية محدثة فيها التعفن والتسمم والمسببين الأمراض ولكل مرض نوع خاص من البكتيريا .

كما أنه يمكن تقسيم البكتيريا بالنسبة للوسط الذى نعيش فيه إلى ثلاثة أنواع :

١ — بكتيريا هوائية (Aerobic) : وهى التى تعيش فى وسط هوائى يحتوى على الأكسوجين .

٢ — بكتيريا لا هوائية (Anaerobic): وهى التى تعيش فى وسط لا يحتوى على الأكسوجين .

٣ — بكتيريا متقلبة (Facultative): وهى التى يمكنها أن تعيش فى غياب أو وجود الأكسوجين وهذا النوع هو الغالبية العظمى من البكتيريا .

والتحاليل البكتريولوجية للمياه من التحاليل الهامة التى تمكن من كشف التلوث بالبكتيريا المسببة للأمراض وأهم الاختبارات البكتريوجية التى تجرى على عينة من الماء : —

١ - العدد الكلى للبكتيريا الحية فى درجة ٢٠° مئوية :

ويدل هذا الاختبار على مدى كثرة البكتيريا العادية التى تعيش فى الماء والهواء وعلى الأرض فى العينة الجارى تحليلها . وهذه البكتيريا غالباً لا تكون ضارة الا أن هذا الاختبار يظهر مدى تعرض الماء للعوامل الجوية .

ويتراوح هذا العدد فى المياه السطحية من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ بكتيريا فى الملليمتر . ويقل فى المياه الجوفية إلى نصف هذا العدد .

٢ - العدد الكلى للبكتيريا الحية فى درجة ٣٧° مئوية :

وهو أكثر دلالة على تلوث المياه من التحليل السابق إذ تجرى التجربة عند درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الانسان ، فيزداد نمو وتكاثر البكتيريا التى تعيش فى جسم الانسان أو الحيوان . مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الانسان والحيوان .

٣ - تحاليل لعدد البكتيريا التى تعيش أصلا فى جسم الانسان (والتى لا تسبب له ضرراً) :

إذ أن تواجدها فى عينة من الماء دليل قاطع على تلوثها بالمخلفات السائلة . وهذه التحاليل تشمل :

(ا) العد القولونى (Coliform Count) عند ٣٧° مئوية .

والغرض من هذا التحليل عد بكتيريا القولون (Escherecia Coli) التى تتواجد بكثرة فى أمعاء الانسان .

ويتم هذا التحليل على خطوتين :

١ - التحليل الاحتمالى (Presumptive test) وفيه تدل النتائج الموجبه لهذا التحليل على احتمال وجود بكتيريا القولون فى الماء .

٢ — ولما كانت هناك بعض البكتيريا لا تعيش فى جسم الانسان ولكنها تعطى نتائج موجبه أيضاً فى التحليل السابق ، فأنه من الضرورى اجراء تحليل آخر لتأكد من أن النتائج الموجبة هذه بسبب وجود بكتيريا القولون وليس بسبب غيرها ، ويتم ذلك باختبارين :

(ا) اختبار التأكد الجزئى (Partial Confiramtion test)

(ب) اختبار التأكد الكامل (Complete Confirmation test)

ويحسن من الناحية الصحية اعتبار وجود بكتيريا القولون فى الخطوة الأولى من الاختبار دليلا على تلوث المياه بالمخلفات السائلة سواء كان هذا التلوث حديثاً أو قديماً أو كان هذا التلوث بقايا نباتية متحللة .

(ب) عد المكورات السبحية البرازية (Streptococcus facellis) :
ووجود هذه السبحيات فى المياه تأكيد للنتائج التى توصلنا إليها باختبار التأكد الكامل السابق ذكره ، أى تلوث المياه بالأنواع النموذجية من بكتيريا القولون التى تعيش فى جسم الانسان .

(ج) عد عضويات ولسن (Clast. Welchii) ووجود هذه البكتيريا فقط دليل على تلوث قديم بالمخلفات السائلة وذلك نظراً لقوة احتمالها لظروف المعيشة خارج جسم الانسان — أما وجود بكتيريا القولون معها فى نفس العينة فدليل على تلوث حديث .

وتم جميع الاختبارات البكتيريولوجية بتوفير الظروف المناسبة لنمو وتكاثر نوع البكتيريا المراد الكشف عنه وذلك بمزج حجم معين من العينة تحت الاختبار بمحلول المواد الغذائية للبكتيريا تحت الفحص ثم حفظ المزيج فى احضانات فى درجة الحرارة المناسبة ولمدة معينة حيث تتكاثر البكتيريا ومن ثم يمكن الكشف عليها .

ويلاحظ أن الاختبارات البكتريولوجية للماء لا تشمل فحصاً للكشف على بكتريا الأمراض مثل التيفويد والبارا تيفويد .. وذلك نظراً لصعوبة الكشف عليها ولذلك يكتفى بالكشف عن البكتريا المعوية التى تعيش فى جسم الانسان . فاذا وجدت دل ذلك تلوث المياه بالمخلفات السائلة .

وتعتبر المياه فى حالة صالحة للشرب إذا أعطت الاختبارات البكتريولوجية النتائج التالية :

١ - عدد البكتريا الحية لا يزيد عن مائة فى المليمتر .
٢ - عدد البكتريا القولون لا يزيد عن واحد فى مائة مللمتر .
٣ - عدد المكورات السبحية لا يزيد عن واحد فى مائة ملليمتر .
٤ - عدد عصويات ولش لا يزيد عن واحد فى ألف ملليمتر .

الاختبارات الميكروسكوبية

Microscopic Examination

والغرض من هذه الاختبارات الميكروسكوبية هو معرفة عدد ونوع الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة سواء كانت نباتية أو حيوانية .

ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للماء ما يأتى :

١ - البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة Blue green algae
٢ - البحث عن وطحالب الخضراء Green algae
٣ - البحث عن الطحالب الدياتومية Diatoms

وجميع هذه من النباتات - وتبدو أهمية أبداة هذه الطحالب من المسطحات المائية نظراً لما تسببه من روائح وطعم غير مستساغ فى المياه ... وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب فرائحتها فى الماء تشبه رائحة الحشائش

إذا كانت خفيفة التركيز واما إذا كانت عالية التركيز فتعطى رائحة تشبه رائحة زيت كبد الحوت — فاذا ماتت تصاعدت منها الروائح العفنة — وهذه الطحالب تحدث متاعب جمة فى عمليات تنقية المياه إذ تتسبب فى سد مسام المرشحات بسرعة تدعو إلى وقف تشغيل المرشحات فى فترات متقاربة لغسلها واعدادها للتشغيل ثانياً ولذلك فأنه يجب العمل على منع تكاثرها . بل وابادتها فى المسطحات المائية — قبل أن تصل إلى محطات التنقية وذلك تخفيفاً للعبء عليها ومنعا للمتاعب فى تشغيلها .

الباب الثالث

المياه الجوفية

مصادرها — تقدير كمياتها

Ground Water Suppliee

المياه الجوفية (وتسمى أحيانا بالمياه تحت السطحية) هي المياه التي تستمد من باطن الأرض وهي تتواجد على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض — فقد تكون قريبة منه حيث يسهل استغلالها دون عناء أو تكلفة اقتصادية كبيرة وقد تكون بعيدة عن سطح الأرض بحيث يصعب الوصول إليها أو يتعذر ذلك إلا بنفقات كبيرة .

وتختلف كمية ما تجود به الأرض من مياه تبعاً لطبيعة تكوين التربة الأرضية : أصلها الجيولوجي ، التركيب الحبيبي للتربة ، التدرج الحبيبي للتربة ، مسامية التربة ونسبة الفجوات في التربة ، الكثافة النسبية للتربة إذ أن هذه العوامل مجتمعة تحدد قابلية التربة النفاذية المياه فيها — كما تتوقف أيضاً على سبب ومصدر تواجد المياه داخل الأرض .

١ — الأصل الجيولوجي للتربة :

بالنسبة للأصل الجيولوجي للتربة فقد تتكون المياه الجوفية داخل الكتل النارية أثناء تبلورها إلى صخور ، أو تتكون نتيجة اتحاد الهيدروجين والأكسوجين نتيجة التفاعلات الكيمائية المؤدية لتكوين هذه الصخور — وبديهي أن هذه المياه تكون على أعماق ساحقة في جوف الأرض الا أنها قد تجد طريقها إلى سطح الأرض خلال شقوق أو فوالق بين صخور القشرة الأرضية .

كذلك قد تتواجد المياه الجوفية في الصخور الرسوبية المسامية إذا تكونت هذه في قاع البحار أو البحيرات ، ثم احتبست المياه في المسام نتيجة لتكوين طبقات أخرى غير منفذة للمياه فوق هذه الصخور .

٢ — التركيب الحبيبي للتربة :

تنقسم التربة تبعاً لتركيبها الحبيبي إلى مكونات رئيسية :

الزلط (gravel) ، الرمل (Sand) ، الطمي (Silt) الطين

(Clay) . والجدول رقم (٣ — ١) يبين الأحجام التي تفصل بين هذه المكونات تبعاً لاقتراحات كل من الجمعية الدولية لعلم التربة (I. S. S. S.) ومعهد التكنولوجيا بأمريكا (M.I.T.) .

جدول رقم (٣ — ١)

التركيب الحبيبي للتربة

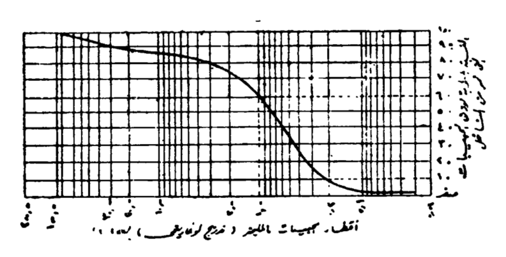
نوع التربة	الأقطار بالمليمتر تبعاً لاقتراح معهد التكنولوجيا M.I.T.	تبعاً لاقتراح جمعية علم التربة I. S.S.S.S.
زلط.	أكبر من ٢ مم	أكبر من ٢ مم
رمل خشن . .	٠,٦ مم — ٢ مم	٠,٢ مم — ٢ مم
رمل متوسط . .	٠,٢ مم — ٠,٦ مم	———
رمل ناعم . .	٠,٠٦مم — ٠,٢ مم	٠,٠٢ مم — ٠,٢ مم
طمى خشن . .	٠,٠٢مم — ٠,٠٦ مم	
طمى متوسط. .	٠,٠٠٦مم — ٠,٠٢ مم	٠,٠٠٢مم — ٠,٠٢ مم
طمى ناعم. . .	٠,٠٠٢مم — ٠,٠٠٦مم	
طين	أقل من ٠,٠٠٢ مم	أقل من ٠,٠٠٢ مم

٣ — التدرج الحبيبي للتربة (Sieve analysis) :

والمقصود به هو نسبة تواجد حبيبات المكونات الرئيسية للتربة (الزلط الرمل ، الطمى ، الطين) فى عينة التربة تحت الدراسة . ويتم تعيين هذه النسب معمليا بأخذ عينة التربة وتخلها على مجموعة من المناخل كل منها بفتحات محددة على أن توضع المناخل فوق بعضها بحيث تتدرج فتحاتها إلى الصفر من أعلى إلى أسفل — ثم يوزن ما يتبقى من العينة فوق كل منخل —

ومن ثم يحدد أوزان الأجزاء من العينة التى تمر من كل منخل — ثم تحدد نسبة هذه الأوزان إلى الوزن الأصلى للعينة ، على أن تمثل النتائج بيانيا على محورين : الأفقى وهو بالتدريج اللوغاريتمى ويوقع عليه الأحجام المختلفة للحبيبات — والرأسى وهو بالتدريج العادى ويوقع عليه نسبة الأوزان التى تمر من كل منخل إلى الوزن الأصلى للعينة .

ويسمى المنحنى الناتج بمنحنى التدرجى الحبيبى للتربة (شكل ٣ — ١) ومنه يمكن استنتاج الخواص المميزة للتربة والمؤثرة على مسامية التربة ونسبة الفجوات ومعامل نفاذية الماء فى التربة . وأهم هذه الخواص : الحجم المؤثر أو الفعال ومعامل الانتظام .



(شكل رقم ٣-١)

الحجم المؤثر أو الفعال Effective size

ويعرف بأنه القطر بالمليمتر بحيث يكون ١٠ ٪ من حبيبات العينة بالوزن أصغر من هذا القطر (فى الشكل الحجم الفعال هو ٠,٢ مم) .

معامل الانتظام Uniformity Coefficient

ويتم حسابه بتعيين القطر بالمليمتر بحيث يكون ٦٠ ٪ من حبيبات العينة (بالوزن) أصغر منه فاذا رمزنا لهذا القطر بالرمز (ق.٦) ورمز نا للقطر الفعال بالرمز (ق.١) كان معامل الانتظام مساوياً (ق.٦) مقسوماً على (ق.١) - (فى الشكل ق.٦ = ١,٠٠ مم ، ق.١ = ٠.٢م فيكون معامل الانتظام $\frac{١}{٠,٢}$ = ٥) .

وكلما كان القطر الفعال كبيراً ومعامل الانتظام صغيراً دل ذلك على كبر حبيبات التربة مع تقارب فى حجم الحبيبات وزيادة فى نفادية التربة للماء - وكلما صغر القطر الفعال وكبر معامل الانتظام دل على ذلك صغر حبيبات التربة مع احتوائها على حبيبات متفاوتة الأحجام وما يتبع ذلك من صغر معامل نفاذية التربة للماء .

٤ - المسامية ونسبة الفجوات Porosity & Voids Ratio :

يتكون الحجم الكلى لعينة من التربة من حبيبات صلبة وفجوات أو مسام تتخلل هذه الحبيبات .

وتعرف مسامية التربة (Porosity) بالنسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام فى عينة التربة إلى الحجم الكلى للعينة .

وتعرف نسبة الفجوات فى التربة (Voids ratio) بأنها النسبة المئوية لحجم الفجوات أو المسام فى العينة إلى حجم الحبيبات الصلبة فى العينة .

والمعادلة م = $\frac{ن}{١ + ن}$ تبين العلاقة بين مسامية التربة ونسبة الفجوات فيها.

حيث م = مسامية التربة

ن = نسبة الفجوات

وتتوقف نسبة الفجوات وكذلك المسامية لعينة من التربة على التركيب الحبيبي للتربة ، التدرج الحبيبي للتربة ، شكل الحبيبات ومدى استدارتها وكذلك على مدى تداخل حبيبات التربة لبعضها — وهذا يمكن قياسه بمعرفة الوزن الجاف لوحدة الحجوم والكثافة النسبية للتربة .

الوزن الجاف لوحده الحجوم :

الوزن الجاف لوحدة الحجوم هو وزن العينة من التربة مقسوماً على الحجم العينة (الحبيبات + الفجوات) — وهو يختلف عن كثافة المواد الصلبة إذ عند حساب كثافة المواد الصلبة يقسم وزن العينة الجافة على حجم الحبيبات الصلبة فقط .

لذلك يختلف الوزن الجاف لوحدة الحجوم من عينة لأخرى من التربة تبعاً لتواجد حبيبات التربة بالنسبة لبعضها — أى مدى تداخل الحبيبات بين بعضها — فاذا أخذنا عينة من التربة فى المعمل ووضعناها فى أناء اسطوانى على طبقات كل طبقة بارتفاع سنتيمتر تقريباً ، بحيث تتعرض أثناء ذلك لاهتزازات خفيفة ، فان هذه الاهتزازات تسبب تداخل الحبيبات فيما بينها بحيث يكون حجم الفجوات أقل ما يمكن ، وبالتالى يكون الحجم الكلى للعينة أصغر ما يمكن — وبمعرفة الوزن الجاف للعينة (ك$_1$) وحجم العينة فى هذه الحالة (ح$_1$) يمكن حساب النهاية العظمى للوزن الجاف لوحدة الحجوم من العلاقة : $و = \frac{ك_1}{ح_1}$

أما إذا أخذنا العينة فى المعمل وخلخلت بحيث يكون حجمها أكبر ما يمكن وكان وزنها (ك$_2$) وحجمها عندئذ (ح$_2$) ، فيمكن تقدير النهاية الصغرى للوزن لوحدة الحجوم بالعلاقة : $و_2 = \frac{ك_2}{ح_2}$

وبديهى أن التربة لا توجد فى الطبيعة بحيث يكون الوزن الجاف لوحدة الحجوم منها مساوياً للنهاية الصغرى أو النهاية الكبرى لهذا الوزن — ولكنه يكون مساوياً لقيمة ما بين هاتين النهايتين — وكلما كان كبيراً دل ذلك على صغر حجم الفجوات بين الحبيبات أى صغر نسبة الفجوات وبالعكس كلما صغر دل ذلك على كبر حجم الفجوات أى كبر نسبة الفجوات — — ويمكن توضيح هذه العلاقة حسابياً كالآتى :

يفرض حجم الحبيبات = ١ ، نسبة الفجوات = ق

∴ الحجم الفجوات = ق . الحجم الكلى = ١ + ق

ويفرض ك = كثافة مادة الحبيبات وتساوى عادة مابين ٢٫٦٥ و ٢٫٧٠ إلا إذا كانت التربة مكونة من مواد عضوية فتقل الكثافة إلى ما بين ١٫٢ ، ١٫٥ .

∴ وزن العينة = ك × حجم الحبيبات = ك × ١ = ك

$$\text{إذن وزن وحده الحجوم} = \text{و} = \frac{\text{وزن العينة}}{\text{الحجم الكلى}} = \frac{\text{ك}}{\text{١ + ق}}$$

٥ — الكثافة النسبية للتربة :

وهذه طريقة أخرى للتعبير عن نسبة الفجوات فى التربة وكذلك عن الوزن الجاف لوحدة الحجوم للتربة وهى تقدر حسابياً بالعلاقة :

$$\text{ث} = \frac{\frac{1}{\text{و}_1} - \frac{1}{\text{و}}}{\frac{1}{\text{و}_1} - \frac{1}{\text{و}_2}}$$

حيث : و = الوزن الجاف الفعلى لوحدة الحجوم للتربة

$و_1$ = النهاية الصغرى للوزن الجاف لوحدة الحجوم

$و_2$ = النهاية الكبرى للوزن الجاف لوحدة الحجوم

ث = الكثافة النسبية .

فاذا عوضنا فى هذه المعادلة بالعلاقة بين و ، ق وهى كما أوجدناها سابقاً

$$و = \frac{ك}{1 + ق}$$

$$\therefore \quad ث = \frac{ن_2 - ن}{ن_2 - ن_1}$$

حيث : ث = الكثافة النسبية

$ن_1$ = النهاية الصغرى لنسبة الفجوات

$ن_2$ = النهاية الكبرى لنسبة الفجوات

ن = النسبة الفعلية للفجوات فى التربة

حـ — نفاذية التربة للماء Permeability

من الدراسات السابقة يمكن أن نخلص إلى نتيجة هامة وهى أن قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها تتوقف على :

١ — حجم حبيبات التربة

٢ — التدرج الحبيبى للتربة .

٣ — المسامية ونسبة الفجوات

٤ — تداخل الحبيبات فيما بينها .

٥ — الكثافة النسبية والوزن الجاف لوحدة الحجوم للتربة .

وجميع هذه العوامل — كما سبق ببيانه — مرتبطة ببعضها . بل وهناك معادلات حسابية تبين العلاقة بينها — وجميعها تؤثر على معامل قابلية التربة لنفاذية الماء خلالها والتى تقاس بسرعة المياه خلال التربة « V » مقدرة بالقدم أو المتر فى وحدة الزمن عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية ١ : ١ وهو ما يسمى بمعامل النفاذية (Permeability Coefficient) كما يقدر أحيانا هذا المعامل بمقدار التصرف الذى يمر خلال وحدة المساحات فى وحدة الزمن (جالون / قدم٢/يوم — متر ٣/ متر٢/يوم) عندما يكون ميل سطح المياه الجوفية يساوى واحد .

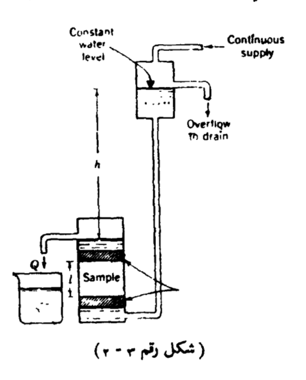
والجدول رقم (٣ — ١) يبين الحدود الصغرى والكبرى والقيمة المتوسطة لهذا المعامل مقدراً بالتصرف وحدة الزمن خلال وحدة المساحات .

جدول رقم (٣ — ١)

معامل النفاذية لأنواع التربة المختلفه

		معامل النفاذية					
	حجم	ألف جالون/قدم٢/ يوم			متر ٣/ متر ٢/ يوم		
نوع التربة	ملليمتر	من	إلى	متوسط	من	إلى	متوسط
رمل دقيق جداً	,٠٥ — ٠,١	,٠١	٠,٣	,٠٥	٠,٤	١٢	٢
رمل دقيق	٠,١ — ,٢٥	,٠٥	١,٠	٠,٣	٢	٤٠	١٢
رمل متوسط	,٢ — ٠,٥	٠,٣	٣,٠	٠,٦	١٢	١٢٠	٢٤
رمل خشن	.٥ — ١	١,٠	٥,٠	١.٥	٤٠	٢٠٠	٦٠
زلط رفيع	١ — ١	١,٠	١٠	٣,٠	٤٠	٤٠٠	١٢٠
زلط متوسط	٢ — ٥	٣	٢٠	٦.٠	١٢٠	٨٠٠	٢٤٠

ويمكن تقدير قيمة هذا المعامل معمليا بأكثر من طريقة. وأبسط هذه الطرق هو أن نؤخذ عينة من التربة لتوضع فى الجهاز الموضح فى شكل (٣ — ٢) ثم يضغط الماء لينفذ فى العينة من أسفل إلى أعلى تحت ضغط ثابت قدره « H » — وبعد التأكد من طرد الهواء من مسام العينة ، تجمع المياه التى تمر فى العينة خلال فترة زمنية ما — وبالتعويض فى أحد المعادلات التى توضح سير المياه فى الطبقات المسامية يمكن الحصول على قيمة معامة النفاذية « K » .



(شكل رقم ٣ - ٢)

وأهم هذه المعادلات : معادلة دراسى ، معادلة ولم وهيزن . معادلة فيروهاتش .

١ — معادلة دارسى (Darcy eq.)

وأهم هذه القوانين معادلة دارسى « Darcy » التى تنص على أن سرعة المياه خلال الطبقات المسامبة تتناسب طردياً مع الميل الهيدرولكى أى ميل سطح المياه الجوفية .

أى أن :

$$V = KS$$

$$Q = KAS$$

حيث V = السرعة تسرب المياه فى التربة

S = الميل الهيدروليكى للمياه الجوفية وهو يساوى ميل سطح المياه الجوفية .

A = مساحة القطاع الذى تتسرب خلاله المياه الجوفية .

Q = التصرف .

K = معامل النفاذية .

وفى هذه المعادلة يجب التنويه بأن هذه السرعة « V » ليست السرعة الحقيقة التى تتسرب بها المياه داخل مسام التربة . ولكنها سرعة نظرية بافتراض أن الماء يسير فى أنبوبة مساحة مقطعها تساوى المساحة الاجمالية لقطاع فى طبقة التربة التى تتسرب فيها المياه ولما كانت مساحة مسام التربة أقل من المساحة الاجمالية لمقطع التربة فان السرعة الحقيقية التى تتسرب بها المياه داخل المسام أكبر من هذه السرعة النظرية . وكذلك بالنسبة للمساحة « A » فهى لا تمثل المساحة الحقيقية للمسام التى تتسرب فيها المياه ولكن تمثل المساحة الاجمالية لمقطع التربة التى تتخللها المياه .

كما يلاحظ أن هذه المعادلة توضح أن العلاقة بين سرعة تسرب المياه فى التربة « V » والميل الهيدروليكى هى علاقة خطية — وهى علاقة تتحقق باستمرار الا فى حالة تسرب الماء خلال مسام الزلط .

وبالاشارة إلى التجربة السابقة يمكن تطبيق هذه المعادلة بعد تعديل فيها كالآتى :

$$Q = KAS = \frac{V}{T} = KA\frac{H}{L}$$

$$\therefore K = \frac{VL}{TAH}$$

حيث V = حجم المياه التى مرت فى فترة التجربة .

T = طول فترة التجربة .

Q = معدل التصرف المار فى العينة .

A = مساحة مقطع العينة .

L = طول العينة .

H = الضغط الهيدروليكى على العينة .

K = معامل نفاذية العينة مقدراً بكمية المياه التى تمر فى وحدة المساحات فى وحدة الزمن .

— معادلة وليم وهيزن William & Hazen

$$V = C\, d^2\, \frac{H}{L}\, \left(\frac{T + 10}{60}\right)$$

حيث V السرعة بالمتر فى اليوم .

C = معامل يتراوح بين ٤٠٠ و ١٢٠٠ .

d = الحجم الفعال لحبيبات التربة .

$\frac{H}{L}$ = ميل سطح المياه الجوفية وتساوى واحد عند حساب قيمة المعامل « K » .

T = درجة الحرارة بالقياس الفهرنهايتى .

٣ – معادلة فير وهاتش (Fair & Hatch)

$$S = \frac{5}{g}\ \frac{u}{p}\ v\ \frac{(1-f)^2}{f^3}\ \left(\frac{A}{V}\right)^2$$

حيث S = الميل الهيدروليكى للمياه الجوفية أى ميل سطح المياه الجوفية – ويساوى واحد عند حساب قيمة المعامل « K » .

g = العجلة الأرضية .

u = لزوجة الماء

p = كثافة المـاء .

v = السرعة بالسنتيمتر فى الثانية .

f = درجة المسامية (Porosity Ratio) = حجم المسام / الحجم الكلى

A = المساحة السطحية لحبيبات التربة .

V = حجم حبيبات التربة .

ويمكن تقدير قيمة معامل النفاذية « K » للتربة مقدراً بسرعة تسرب الماء فى التربة باستعمال المعادلات السابقة على أن يعوض فى أى منها بواحد للميل الهيدروليكى للمياه الجوفية .

مثـال : إذا أعطيت البيانات الآتية أوجد قيمة معامل النفاذية « K » باستعمال معادلة وليم وهيزن ومعادلة فير وهاوتش .

d = ٠,٣٥ مم　　　f = ٤٠ ٪

t = ٥٠ درجة　　　u = ٠,٠١٣١٥

C = ٦٥٠

الحـــل : باستعمال معادلة وليم وهيزن :

المعامل « K » يساوى السرعة « V » عندما يكون الميل الهيدروليكى أى يساوى واحد .

$$V = C\ d^2\ \frac{H}{L}\ \left(\frac{T + 10}{60}\right) \quad \text{اذن}$$

$$= 650 \times (0.35)^2 \times 1 \times \left(\frac{50 + 10}{60}\right)$$

$$= 79.5 \text{ m/day} = 0.0922 \text{ cm/sec}$$

$$= 0.003 \text{ ft/sec}$$

أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

٧٩,٥	متر/اليوم
٠,٠٩٢٢	سم/ثانية
٠,٠٠٣	قدم/ثانية

الحـــل : باستعمال معادلة فير وهاتش :

$$S = \frac{5}{g}\ \frac{u}{p}\ v\ \frac{(1 + f)^2}{f^3}\ \left(\frac{A}{V}\right)^3$$

والمعامل « K » يساوى السرعة « v » عندما يكون الميل الهيدروليكى « S » يساوى واحدا .

الحجم للحبيبة الواحدة = $V = \dfrac{\pi D^3}{6}$

المساحة السطحية للحبيبة الواحدة = $A = \pi D^2$

$$\therefore \frac{A}{V} = \frac{6}{D} = \frac{6}{0.35} = 17.0$$

$$1 = \frac{5}{981} \times 0.01315 \times v \times \frac{(1+0.4)^2}{(0.4)^3} (17)^2$$

$$\therefore V = 0.0925 \text{ cm/sec}$$
$$= 0.003 \text{ ft/sec}$$

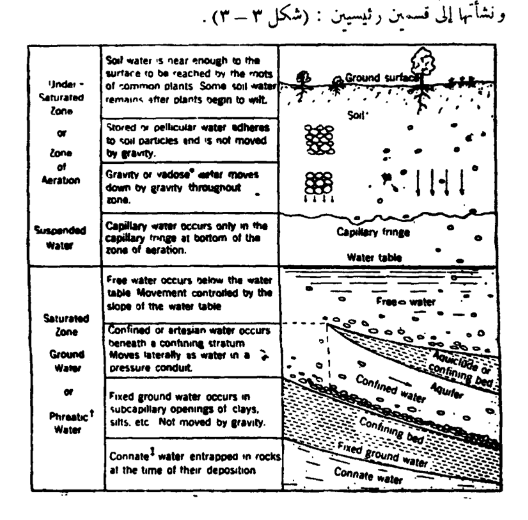
أى أن معامل النفاذية « K » لهذه التربة يساوى :

٠,٠٩٢٥ سم / ثانية

= ٠,٠٠٣ قدم / ثانية

٧ — موضع المياه تحت الأرضية تبعا بالنسبة لسطح الأرض ونشأتها ومصدرها

تنقسم المياه تحت الأرضية بالنسبة لمصدر تواجدها فى طبقات الأرض ونشأتها إلى قسمين رئيسيين : (شكل ٣ — ٣) .



(شكل رقم ٣ - ٣)

(ا) مياه تواجدت فى الصخور النارية أثناء تبلورها من الكتل النارية فى باطن الأرض أو فى الصخور الرسوبية أثناء تكوينها فى قاع البحار والبحيرات — وكلاهما لا يمثل مصدراً رئيسياً للمياه تحت الأرضية يمكن الاعتماد عليها لامدادها المجموعات السكنية بالمياه — ويطلق على هذه المياه اسم "Connate Water" أى التى تواجدت ونشأت أثناء تواجد غيرها إذ أنها تواجدت فى الصخور أثناء تكوين هذه الصخور — وهذه المياه تتواجد على أعماق ساحقة فى باطن الأرض تقاس بالكيلومترات وهى محدودة الحركة نظراً لأنها تتواجد فى صخور غير منفذه للمياه — إلا أنها قد تصل إلى سطح الأرض عن طريق الشقوق والفوالق التى قد تحدث فى القشرة الأرضية .

(ب) أما المصدر الرئيسى للمياه تحت الأرضية فهوما يتسرب فى باطن الأرض من مياه الأمطار ومياه الأنهار والبحيرات العذبة ، وجميع هذه تأتى أصلا من الأمطار ولذلك تسمى أحيانا بالمياه تحت الأرضية الناتجة من المياه الجوية .

هذه المياه المتسربة من الأمطار والأنهار تتواجد فى باطن الأرض على طبقات متميزة :

١ — منطقة متشبعة بالمياه أى أن جميع مسامها ممتلاء بالمياه وفى هذه المنطقة تكون المياه حرة الحركة فى الاتجاه الجانبى — ويحدها من أعلا المستوى المائى ويسمى " مستوى المياه الجوفية " (Ground Water table) — وهو غير ثابت المنسوب وانما ينخفض ويرتفع تبعاً لظروف عدة أهمها توافر الأمطار ، العوامل الجيولوجية ، والعوامل الطوبوغرافية ، اقتراب المنطقة من الأنهار والبحيرات... وتسمى هذه المياه بالمياه الأرضية (Ground water)

٢ — وتعلو هذه المنطقة ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه الا أنها لا تملأ جميع مسام التربة أو فجواتها — إذ يتواجد بعض الهواء على هيئة فقاقيع

منفصلة عن بعضها – وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه الخاصة الشعرية (Capillary water zone) ويتوقف سمك هذه الطبقة فوق منسوب المستوى المائى على الخواص الطبيعية للتربة وأهمها : اتساع مسام التربة (كلما ضاقت زاد السمك) قطر الحبيبات (كلما صغر زاد السمك) – قوة الجذب أو التوتر السطحى ما بين حبيبات التربة وقطرات الماء .

٣ – ثم تعلو منطقة مياه الخاصة الشعرية ، منطقة أخرى تتواجد فيها المياه على هيئة رقائق تغلف حبيبات التربة ، الا أن فقاقيع الهواء فى هذه المنطقة تأخذ فى الاتصال مع بعضها – وتسمى هذه المنطقة بمنطقة مياه التوتر أو الجذب السطحى (Surface tension zone) .

٤ – وكلما اتجهنا إلى أعلا نجد أن الأغلفة المائية الرقيقة المحيطة بحبيبات التربة تأخذ فى التلاشى مع ازدياد كمية الهواء فى المسام حتى تصل فى النهاية إلى نقط متقطعة من الماء تتواجد عند تلامس حبيبات التربة مع بعضها بينما تصير فقاقيع الهواء جميعها متصلة ببعضها وتملأ جميع الفجوات .

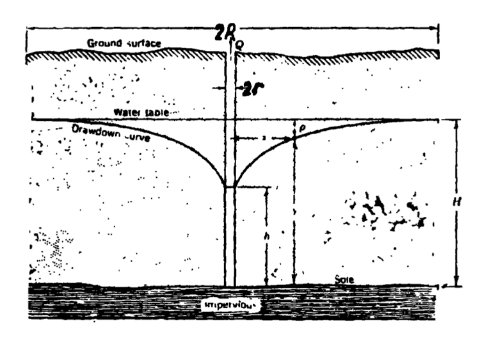
وتعتبر الآبار بأنواعها المختلفة (والتى سيجىء ذكرها تفصيلا فى الباب الرابع) وكذلك خنادق الترشيح ، أهم الطرق للحصول على المياه الجوفية واستعمالها كمصدر للمياه ، وذلك بعد التأكد من توافر كميتها ومطابقتها للمواصفات الصحية كما جاء فى الباب الأول والثانى .

ويمكن تقدير كمية المياه التى يمكن ضخها من الآبار بتطبيق الأسس والقوانين الهيدروليكية التى تربط ما بين العوامل المؤثرة على سير المياه من الطبقات المسامية إلى الآبار – وهذه فى أبسط صورها كالآتى :

١ – القوانين الهيدروليكية للابار العادية (Hydraulics of Ordinary Wells) :

إذا أخذنا قطاعا رأسياً فى بئر والتربة المجاورة له ورصدنا منسوب المياه فى البئر والتربة أثناء سحب الماء من البئر نجد أن الخط الواصل بين هذه المناسيب

هو عبارة عن مخروط مقلوب قاعدته إلى أعلى ورأسه عبارة عن منحنى ورأسه هو منسوب المياه فى البئر أثناء السحب وهو ما يسمى مخروط الانخفاض أو الهبوط (شكل ٣ - ٤).



(شكل رقم ٣ - ٤)

ومعادلة راسم المخروط أى منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية فى المنطقة المحيطة بالبئر هى المعادلة رقم (٥) (Draw - down Curve) وبالتعويض بقيم مختلفة للحد (y) يمكن ايجاد قيمة الحد (x) وبذلك يمكن رسم وتوقيع هذا المنحنى . بينما تعطى المعادلة رقم ٦ تصرف البئر فى وحدة الزمن :

$$(5) \;..\; Q = \frac{\pi k (H^2 - y^2)}{\log_e R/x} = \frac{\pi k (H^2 - y^2)}{2.3 \log_{10} R/x} = 1.36\, k \frac{(H^2 - y^2)}{\log_{10} R/x}$$

$$(6) \;..\; Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\log_e R/r} = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log_{10} R/r} = 1.36\, k \frac{(H^2 - h^2)}{\log_{10} R/r}$$

حيث Q = معدل التصرف .

K = معامل النفاذية (جدول رقم ٣ — ١)

H = الارتفاع الأصلى للمياه الجوفية (قبل السحب)

h = ارتفاع المياه الجوفية فى البئر أثناء السحب .

R = نصف قطر دائرة تأثير البئر (نصف قطر قاعدة المخروط)

r = نصف قدر البئر .

ويلاحظ أنه كلما زاد التصرف انخفض منسوب المياه فى البئر (h) كما زاد نصف قطر دائرة تأثير البئر (R) .

وبديهى أنه لمعرفة تصرف بئر (Q) يعوض فى المعادلة بقيمة الحدود الأخرى وبمراجعة هذه الحدود نجد أن جميعها يمكن معرفتها الانصف قطر دائرة تأثير البئر "R" التى تتغير بتغير (h)، (Q) إلا أنه يلاحظ أن التغير فى قيمة (R) لا يؤثر تأثيراً كبيراً على قيمة (Q) وبذلك يمكن كتقدير تقريبى للتصرف اعتبار قيمة(R) تساوى ما بين ٣٠٠ و ٤٠٠ متر (١٠٠٠ و ١٢٥٠ قدم) .

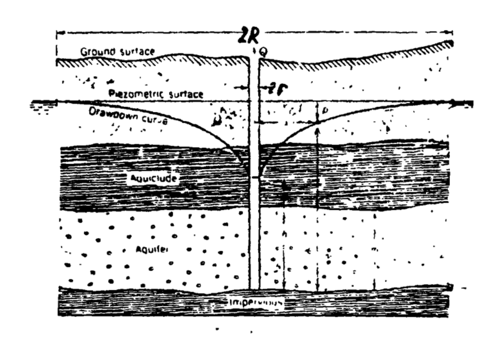
ب — القوانين الهيدروليكية للابار الارتوازية Hydraulics of Artisian

بالاشارة إلى (شكل رقم (٣ — ٥) نجد أن :

$$(7)\ ..\ Q = 2\pi k m \frac{H - y}{\log_e R/x} = \frac{2\ n\ Km}{2.3} \frac{(H - y)}{\log R/x}$$

وهذه هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية Drawdown Curve

$$(8)\ ..\ Q = 2\pi k m \frac{(H - h)}{\log_e R/r} = \frac{2\ n\ k\ m}{2.3} \frac{(H - h)}{\log_{10} R/r}$$



(شكل رقم ٣ — ٥)

هى المعادلة التى تعطى التصرف المنتظر من البئر .

حيث Q = معدل التصرف

K = معامل النفاذية .

H = الإرتفاع الأصلى لخط الهيدروليكى فوق قاع البئر . (قبل سحب المياه) .

h = ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب .

h = نصف قطر دائرة تأثير البئر .

r = نصف قطر البئر

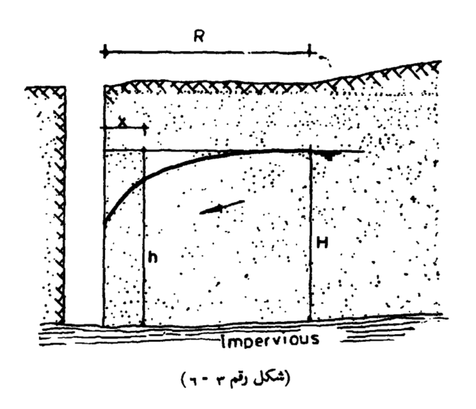
m = ارتفاع الطبقة الحاملة للمياه الجوفية

القوانين الهيدروليكية لخندق ترشيح :

Hydraulics of infiltration gailleries

بالإشارة إلى شكل رقم (٣ — ٦) نجد أن :

$$Q = \frac{K}{2x} \left(y^2 - h^2 \right)$$



(شكل رقم ٣ - ٦)

وهذه هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية فى المنطقة المحيطة بالبئر (Drawdown Curve) أما المعادلة التى تعطى تصرف خندق الترشيح فى أبسط صورها فهى :

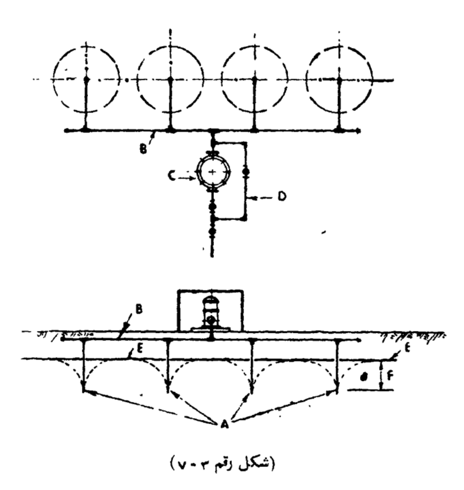
$$Q = \frac{K}{2R} \left(H^2 - h^2\right)$$

وذلك إذا كانت المياه تتسرب فى الخندق من جانب واحد فقط .

التداخـــل بين الآبار (Interferenc between Wells)

يلاحظ أنه إذا تواجد بئران كل منهما يسحب المياه من نفس الطبقة الأرضية التى يسحب منها الآخر المياه ، فان التصرف من كل بئر يتأثر بتصرف البئر الآخر —ويتوقف هذا التأثر على المسافة بين البئرين (شكل ٣—٧)

وللحد من هذا التأثر يجب مراعاة :



(شكل رقم ٣ - ٧)

١ — ألا تقل المسافة بين البئرين عن مجموع نصفى قطر دائرتى تأثير البئرين .

٢ — ألا يكون الخط الواصل بين البئرين موازياً لاتجاه سير المياه الجوفية بل يكون عمودياً على هذا الاتجاه قدر الامكان .

طرق سريعة لتقدير تصرف الآبار :

وهناك أكثر من طريقة سريعة لتقدير تصرف الآبار إما بطرق عملية فى الموقع أو بطرق حسابية مبسطة — ومن هذه الطرق ما يأتى :

أولا : <u>طرق حسابية تقريبية سريعة</u> (وهى تستعمل فى حالة الآبار المدقوقة والمنحوتة) :

(ا) اعتبار سرعة الماء فى ماسورة السحب من البئر لا تتجاوز متراً واحداً فى الثانية :

فاذا كان قطر هذه الماسورة ٨ بوصة (٢٠ سم) مثلا كان التصرف المنتظر من البئر يساوى السرعة مضروبا فى مساحة مقطع الماسورة .

أى أن التصرف = السرعة × ط نق٢

= ١ × ٣,١٤ × ٠,١٠ × ٠,١٠

= ٠,٠٣١٤ متر٣:ثانية

= ٣١,٤ لتر/ثانية = ١١٣ متر٣/ساعة

(ب) اعتبار التصرف بالمتر؛الثانية = نصف مربع القطر (بالبوصة) :

فاذا كان قطر ماسورة البئر = ٨ بوصة .

إذن التصرف = ٠,٥٠ × (٨)٢ = ٣٢ لتر / الثانية = ١١ متر٣ /ساعة

ثانياً : طرق تقريبية عملية سريعة (تستعمل فى حالة الآبار المحفورة) :

(ا) باستعمال طلمبة متغيرة السرعات لسحب المياه من البئر :

تركب على البئر طلمبة متصلة بموتور متغير السرعة مع ملاحظة المياه فى البئر عند التشغيل على السرعات المختلفة حتى يثبت منسوب الماء فى الماء من التربة إلى البئر. عندئذ يكون التصرف المنتظر من البئر مساويا لتصرف الطلمبة

(ب) يتم تفريغ البئر — حتى منسوب ما — بواسطة طلمبة قوية ثم يلاحظ الزمن اللازم لارتفاع الماء فى البئر حتى منسوبه الأصلى مرة/ثانية — فيكون معدل دخول الماء فى البئر على وجه التقريب مساوياً لحجم الماء فى البئر مقسوما على الزمن اللازم لأن يمتلىء البئر .

أى أن التصرف = $\frac{\pi D^2 H}{4 T}$

حيث D = قطر البئر

H = الفرق بين المنسوب الأصلى للمياه والمنسوب الذى انخفض إليه الماء .

T = الزمن اللازم لأن يمتلىء البئر .

امثلة محلولة :

(١) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢

التصرف = ٢٠٠٠ جالون / الدقيقة

ارتفاع المياه فى البئر قبل السحب = ١٠٠ قدم

ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب = ٩٠ قدم

أوجـــد : التصرف عندما يكون ارتفاع الماء فى البئر يساوى خمسين قدماً .

الحـــل : نفترض أن قطر دائرة التأثير لا يتغير فى الحالتين .

$$Q = 1.36\ K\ \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

$$\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(H^2 - h_1^2)}{(H^2 - h_2^2)}$$

$$\frac{Q_1}{2000} = \frac{100^2 - 50^2}{100^2 - 90^2} = \frac{75}{19}$$

$$\therefore Q_1 = \frac{75}{19} \times 2000 = 7900 \text{ gall/min.}$$

(٢) إذا أعطيت : قطر البئر = ١٢"

إرتفاع المياه فى البئر قبل السحب = ٤٠ قدم

ارتفاع المياه فى البئر أثناء السحب = ٣٠ قدم

معامل النفاذية = ٣٠٠ جالون/ قدم ٢/ يوم

أوجـــد : التصرف من البئر

الحـــل :

المعادلة :

$$Q = 1.36\, K \frac{(H^2 - y_2^2)}{\log R/x}$$

نفترض R = ١٠٠٠ قدم

$$\therefore\ Q = 1.36 \times 300 \frac{(40^2 - 30^2)}{\log \frac{1000}{1}}$$

$$= 68000 \text{ gall/day.}$$

(٣) إذا أعطيت : أنه عند سحب المياه من بئر ١٢ بمعدل ٥٠٠ جالون؛ الدقيقة . انخفض منسوب المياه فى بئر آخر على مسافة ٥٠ قدم بمقدار ٨ قدم ، وفى بئر آخر على مسافة ١٥٠ قدم انخفض منسوب المياه ٣ أقدام — مع العلم بأن عمق المياه الأصلى فى البئر المستعمل هو ٨٠ قدم

أوجـــد : التصرف النوعى للبئر (Specific yield)

ملحوظـة : التصرف النوعى للبئر هو التصرف عند انخفاض المياه بمقدار قدم عن منسوب المياه الأصلى فى البئر قبل السحب .

الحـــل

المعادلة :
$$Q = 1.36\ K \frac{(H^2 - h^2)}{\log\ R/r}$$

هى معادلة منحنى هبوط منسوب المياه الجوفية حول البئر (Draw down curve) وبالتعويض فى هذه المعادلة بأبعاد وأعماق المياه فى الآبار المجاورة للبئر المستعمل ، وكذلك التصرف من البئر المستعمل نجد أن :

للبئر الأول :

$$500 = 1.36\,K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log R/50}$$

للبئر الثانى :

$$500 = 1.36\ K \frac{(80^2 - 77^2)}{\log\ R/150}$$

وبحل هاتين المعادلتين الأنيتين للمجهولين K ، R

نجد أن K = ٠٫٢٣٢ جالون/ قدم٢/ يوم

R = ٣٠٠ قدم

(٤) مياه جوفية تدخل بئر خلال مصفاه ذات قطر ١٥ سم فاذا علمت أن مساحة الثقوب تساوى ٢٠ ٪ من مساحة المصفاة وأن التصرف مقداره ٤٤ لتر /ث والفاقد فى الضغط قدره $1.5 \frac{V^2}{2g}$ حيث «V» السرعة خلال الثقوب — احسب أقل طول للمصفاه الذى يعطى فاقد فى الضغط قدره ١٫٥ سم .

الحـــــل :

المعادله :
$$headloss = h = 1.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$\therefore \quad 1.5 = 1.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2g} = \sqrt{2 \times 981} = 44.3 \quad cm/sec$$

$$\therefore Q = 0.20 \quad \pi D L. \ V$$

$$44 \times 1000 = .20 \times 3.14 \times 15 \times 44.3 \times L$$

$$\therefore L = 105.0 \quad cm$$

(٥) بئر عادى ذو قطر ٢٤ بوصة يعطى تصرفا قدره ١٠٠ لتر/ث عند انخفاض فى منسوب البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية قدره ٥,٠٠ متر — العمق الأصلى فى البئر ٣٠ متر ونصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر

احسب : ١— معامل النفاذية بالمتر ٣/م اليوم ٢— ميل سطح المياه الجوفية

الحـــــل :

100 litre/sec = 86.4 m^3/day $\qquad D = 24'' = 0.6/m$

$$Q = \frac{\pi K}{2.3} \frac{(H^2 - h^2)}{\log R/r}$$

$$Q = 100 \ lit/sec = 8640 \quad m^3/day$$

$$\therefore \quad 8640 = \frac{1.36 \ K \ (30^2 - 25^2)}{\log \frac{300}{0.3}}$$

$$K = \frac{8640 \ (3.0)}{275 \times 1.36} = 69.5 \quad m^3/m^2/day$$

$$Q = A \times V$$

Where $A = H \ (2 R)$ & $V = K. S$

$$\therefore 8640 = 600 \times 30 \times 69.5 \ S$$

$$S = \frac{8640}{600 \times 30 \times 69.5} = 0.0069.$$

(٦) بئر توازى ذو قطر ١٢ بوصة يعطى تصرفا قدره ٥٤٦٠ م٣/اليوم عند انخفاض فى منسوب المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية قدرة ٥.٠٠ متر . فاذا علمت أن عمق المياه فى البئر فى حالة عدم السحب ٢٤ متر وعمق الطبقة الحاملة للمياه ٢٠ متراً — احسب : معامل النفاذية بالمتر٣/ القدم ٢/اليوم . وإذا علمت أن ميل سطح المياه الجوفية ١٠.٠٠٥ احسب سرعة هذه المياه . (افرض نصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر).

الحـــــــل :

$$- \ Q = \frac{2 \pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$5460 = \frac{2 \times 3.14 \times 20 K \times 5}{2.3 \log \frac{150}{.15}}$$

$$\therefore \quad K = 60 \quad m3/m2/day$$

$$\therefore \quad V = K. S = 60 \times \frac{5}{1000} = 0.3 \quad m/sec$$

(٧) إذا علمت أن قطر بئر توازى ١٢ بوصة ونصف قطر دائرة التأثير ١٥٠ متر وانخفاض سطح المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية ٧ متر فى حالة تصرف مقداره ٢٧٣٠ م٣ / اليوم . احسب :

التصرف لانخفاض سطح المياه فى البئر قدره ٢١ متر بفرض نصف قطر دائرة التأثير ثابت .

الحـــــل :

$$Q_1 = 2730 \ m^3/sec \qquad H - h = 7.0 \ m$$

$$\therefore \quad Q = \frac{2 \pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$Q_1 = 2730 = \frac{2 \pi K m (7)}{2.3 \ \text{olg} \frac{R}{r}}$$

$$Q_2 = \frac{2 \pi K m (21)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$\frac{2730}{Q_2} = \frac{7}{21} \qquad \therefore \ Q_2 = 8190 \ m^3/day$$

(٨) إذا علمت أن عمق المياه فى بئر عادى ١٥ متر فى حالة عدم التصرف وقطره ٣٠ سم والإنخفاض فى منسوب البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية مقداره ٣ متر ومعامل النفاذية ١١,٤ م٣/م٢ / اليوم . أوجد التصرف الناتج (افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر) .

الحـــــــل :

$$- K = 11.4 \ m^3/m^2/day$$

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$= \frac{1.365 (11.4) (15^2 - 12^2)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1.365 \quad 11.4 \times 81}{3.3010} = 38.2 \ m3/day$$

(٩) إذا علمت أن قطر بئر عادى ٣٠ سم وعمق المياه فيه٣٠متر فى حالة عدم السحب . وعند انخفاض منسوب المياه فى البئر عن المنسوب الأصلى للمياه الجوفية مقداره ٣٫٠٠ متر كان التصرف قدره ٢٤٣٠ م٣/ م٢/ اليوم . أوجد التصرف فى حالة انخفاض منسوب المياه بمقدار ١٧ متر .

الحـــــــل

$$Q_1 = 2430 \ m^3/day$$

$$Q_1 = \frac{\pi K (30^2 - 27^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}} = 2430$$

$$Q_2 = \frac{\pi K (30^2 - 13^2)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$\frac{2430}{Q_2} = \frac{30^2 - 27^2}{30^2 - 13^2} = \frac{171}{731}$$

$$\therefore Q_2 = 2430/0.231 = 10380 \ m^3/day$$

(١٠) إذا عمل اختبار حفرة لمنطقة آبار ارتوازية وحصلت على البيانات الآتية :-

العمق بالمتر	صفر ← ٢	٢ ← ١٥	١٥ ← ٣٥	٣٥ ← ٥٠	٥٠ ← النهاية
نوع التربة	الطبقة السطحية	طمى	طين	رمل	طين

وان منسوب المياه أثناء عدم تشغيل الطلمبات يصل إلى ٣ متر فوق سطح الأرض . وأن القطر الفعال للرمل ٤, مم أوجد التصرف لبئر قطره ٣٠ سم لانخفاض فى سطح المياه قدره ١٢ متر . افرض نصف قطر دائرة التأثير ٣٠٠ متر . معامل النفاذية لهذا النوع من الرمل ٢٣ م٣/ م٢/ اليوم) .

الحـــــــل

$$h = 12.0 \text{ m} \qquad K = 23 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

$$H = 50 + 3 = 53 \text{ m} \qquad R = 300 \text{ m}$$

$$Q = \frac{2\pi K m (H - h)}{2.3 \log \frac{R}{r}}$$

$$= \frac{2.37 (15) (53 - 12)}{\log \frac{300}{0.15}}$$

$$Q = \frac{1680}{3.3010} = 510 \text{ m}^3/\text{day}$$

الباب الرابع

امداد القرى والمبانى المنعزله بالماء

Rural Water Supplies

تتميز عمليات امداد القرى والمساكن المنعزلة بصغر حجمها نظراً لقلة كمية المياه المستعملة فيها مما يزيد من تكاليفها بالنسبة لكل فرد من المنتفعين بها أو بالنسبة لكل متر مكعب من تصرفها . الا أنه من المسلم به أن هذه الحقيقة يجب ألا تتعارض مع ضرورة احتفاظ المياه بصلاحيتها للاستعمال — على أن يتم ذلك باشراف فنى بسيط نظراً لعدم توافر الاشراف الفنى الدقيق بالمستوى العالى فى هذه القرى النائية عامة وفى حالات امداد منزل خاص منعزل بالمياه الصالحة للاستعمال خاصة .

وبديهى أنه فى القرى والمساكن المنعزلة أسوة بالمدن الكبرى يمكن الاعتماد على مياه الأمطار والمياه الجوفية والمياه السطحية كمصدر للمياه طالما أمكن توفيرها وجعلها صالحة اقتصاديا وباشراف فنى بسيط كما سبق ذكره .

١ — مياه الامطار :

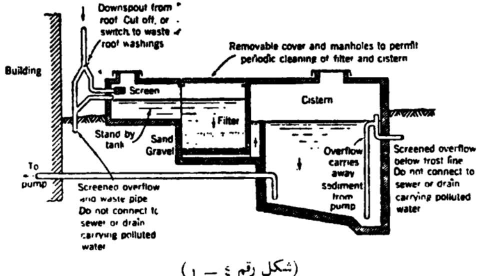
وهذه يمكن الاعتماد عليها لامداد المساكن المنعزلة والمبانى فى المزارع الخاصة فى الأماكن الممطرة حيث لا تتوافر المياه الجوفية الصالحة للاستعمال — وهذا يستلزم اعداد مسطحات بالمساحات اللازمة لاستقبال مياه المطر — ومنها تسيل إلى خزانات خاصة حيث تخزن للاستعمال ما بين فترات الأمطار فى المنطقة وتتوقف مساحة هذه المسطحات وكذلك حجم هذه الخزانات، على طول الفترة ما بين العواصف الممطرة وكذلك على كمية المياه المطلوبة للاستعمال.

ومياه الأمطار — كما سبق الاشارة إليه — تتميز بأنها أقرب ما يكون إلى المياه المقطرة ، الا أنها بمجرد ملامستها للمسطح المستقبل لها ، تزول عنها هذه الصفة نظراً لتلوثها بما قد يتواجد على هذا المسطح من مصادر التلوث . لذلك يجب العناية التامة بهذا المسطح الذى غالباً ما يكون هو سقف المنزل

المنعزل الذى تجمع الميـــاه ليستعملها سكانه – وتتم هذه العناية بجعله أملسا حتى لا تلتصق به ما أمكن ذرات التراب العالقة فى الجو . كذلك تنظيفه دورياً من أوراق الشجر المتطاير فى الجوفى المناطق الريفية ، ويحسن أن يصقل بأنواع الأسمنت أو الطلاء التى لا تسبب طعماً أو رائحة للمياه .

وتجمع مياه المطر من الأسطح لتسير فى ماسورة رأسية لتصل بها إلى خزان مياه المطر الذى غالباً ما يكون تحت سطح الأرض– على أن يراعى فى اختيار موضعه أن يبعد عن مصادر التلوث بما لا يقل عن ثلاثة أمتار على أن يبنى هذا الخزان من الطوب بمونة الأسمنت والرمل أو الخراسانة العادية أو المسلحة على ان يراعى فى جميع الأحوال اضافة المواد اللازمة لجعل الخراسانة غير منفذة للمياه – كذلك تبطين الخزان بمونة الأسمنت والرمل بسمك سنتيمتران على أن تصقل بمونة الأسمنت الصافى – وكذلك وضع طبقة عازلة من الخارج بكامل محيط المبنى .

كما يفضل دائماً أن تمر المياه قبل دخولها من سطح الاستقبال إلى الخزان على مرشح رملى صغير ليتم فى مسام هذا المرشح حجز الشوائب التى تكون قد علقت بالمياه أثناء جريانها وتجميعها من السطح المستقبل لها (شكل ٤ – ١)



(شكل رقم ٤ – ١)

ويجب أن يزود الخزان بفتحات الكشف على داخله كلما احتاج الأمر على أن تغطى هذه الفتحات بالأغطية المحكمة اللازمة لمنع احتمال أى تلوث سطحى — كما يزود الخزان بطلمبة أما يدوية أو ميكانيكية لرفع المياه من الخزان إلى المنزل — كذلك يزود الخزان بمخرج للفائض (Overflow) عند منسوب معين — فاذا زاد الماء عن هذا المنسوب خرج إلى مصرف مجاور. (شكل ٤ — ١) كما يجب أن يزود بما سورة مركب بها صمام لتفريغ الماء من الحوض إلى هذا المصرف عند الحاجة إلى ذلك.

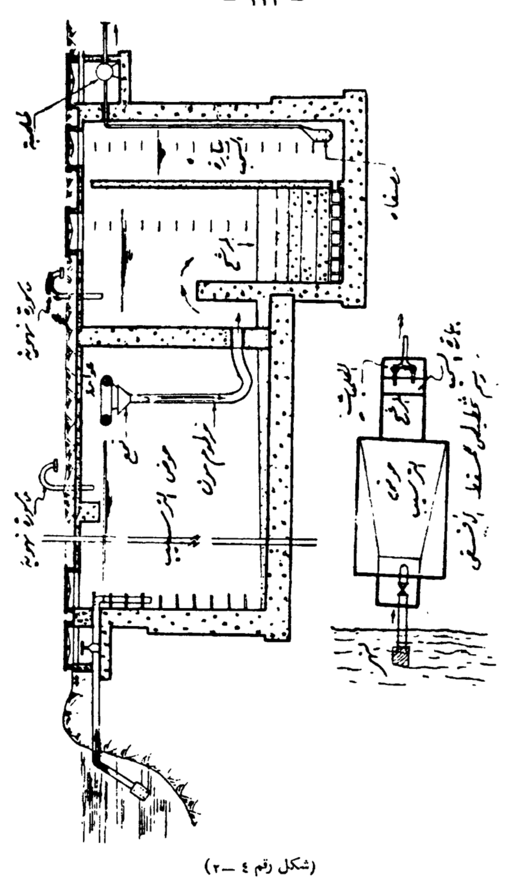
مثـــال : إذا كانت كثافة سقوط المطر فى عاصفة ما هى ٢ سنتيمترات ومساحة السطح المستقبل للمياه هو ٢٠٠ متر مسطح فان كمية المياه المجمعة أثناء العاصفة هو ٢٠٠ — ٢٠٫٠ = ٤٫ــ متر مكعب فاذا كان عدد سكان هذا المنزل خمسة أشخاص وكان معدل الاستهلاك أربعين لترا للشخص فى اليوم اليوم — فان هذا القدر من الماء يستهلك فى ثلاثة أسابيع تقريباً — وبديهى أن لاستمرار الاعتماد على هذا الخزان لابد من توافر الأمطار فى المنطقة إلى الدرجة التى تجدد وتوفر هذا الرصيد من الماء قبل نفاذه.

٢ — المياه السطحية :

ونظراً للتلوث الشديد لهذه المياه فيجب معالجتها قبل استعمالها — ويتم هذه المعالجة بالترسيب ثم الترشيح (شكل ٤ — ٢).

ويتم الترسيب فى أحواض خاصة من الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب (على أن يراعى فى جميع الأحوال التأكد من عدم نفاذية الماء خلال حوائط أو قاع الحوض). كما يبنى ويشكل قاع الحوض بحيث يكون مائلا إلى أسفل فى اتجاه المدخل بنسبة ١ : ١٠ — ١ : ٢٠ لسهولة تنظيف الحوض

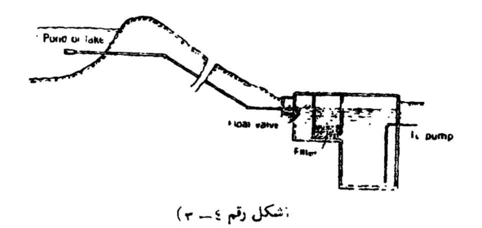
فى هذا الحوض تهبط إلى قاعة نسبة كبيرة من المواد العالقة — وتخرج المياه لتمر فى مرشح مكون من طبقة من الرمل بارتفاع ٦٠ سم تعلو طبقة من



(شكل رقم ٤ — ٢)

بارتفاع ٣٠ سم وهذه تعلو شبكة من المواسير المثقبة . وبذلك يتم حجز المواد العالقة الدقيقة — التى لم يتم ترسيبها فى القاع الحوض — فى مسام طبقة الرمل (شكل ٤ — ٢) على أنه يجب مراعاة أن يكون مخرج المياه من حوض الترسيب من الطبقات العليا للمياه — إذ هى الطبقات الأقل احتواء على مواد عالقة — ويتم ذلك بمرور المياه من فوهة ماسورة مرنة مثبتة فى عوامة تطفو على سطح الماء فى الحوض . وتمر المياه من المرشح إلى بئر (wet well) تسحب منه المياه بواسطة طلمبة لضغطها فى المواسير الموصلة إلى أماكن الاستعمال على أن تزود المجموعة (الخزان والمرشح) بالصمامات فى المدخل والمخرج اللازمة لتحكم فى تشغيلها

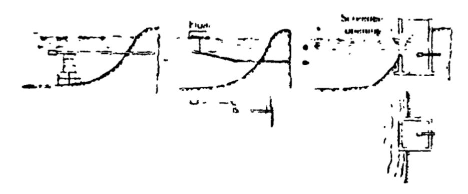
وتنتقل المياه من مصدرها إلى حوض الترسيب بالانحدار الطبيعى إذا كان النهر أو المجرى المائى عالياً (شكل ٤ — ٣) أما إذا كان منخفضاً فلابد من



شكل رقم ٤ — ٣)

استعمال الطلمبات لرفعه إلى الحوض — وفى أى من الحالتين تؤخذ المياه من الطبقات العليا للماء فى النهر إذ أنها أقل الطبقات احتواء للمواد العالقة — فاذا كان منسوب الماء فى النهر ثابتاً استعملت ماسورة للمأخذ ثابتة المنسوب ، أما إذا كان منسوب المياه فى النهر متغيراً فتستعمل ماسورة مرنة (أو ذات

وصلات مرنة) متصلة بعوامة تطفو على سطح الماء (شكل ٤ ــ ٤) لتعلو وتهبط كلما تغير منسوب الماء ــ وبذلك يضمن سحب الماء من الطبقات العليا فى المجرى المائى .



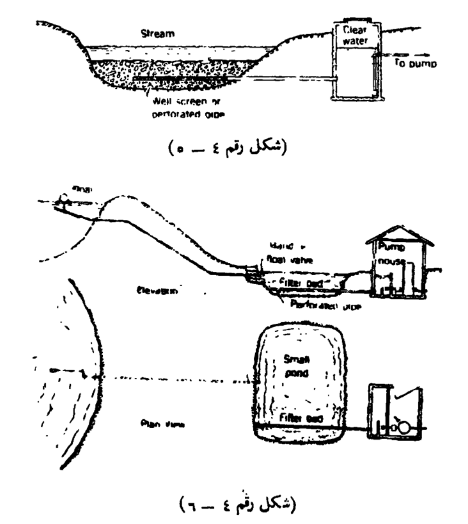
شكل رقم ٤ ــ ٤)

ويحدد حجم الخزان بعد معرفة مدى امكان استمرار تواجد المياه فى الترعة أو المجرى المائى المعتبر مصدراً للمياه فاذا تواجدت المياه باستمرار فى المجرى المائى أمكن الاكتفاء بحوض يتسع للتصرف المطلوب لمدة أربعة وعشرين ساعة يتم فيها ترسيب الجزء الأكبر من المواد العالقة كما سبق ذكره ــ أما إذا كان تواجد الماء فى المجرى المائى منقطعاً فلابد أن تكون سعة الحوض كافية لاستيعاب الماء اللازم للاستعمال فى فترة انقطاع الماء عن المجرى المائى . أما المرشح فيتم تقدير مساحته السطحية باعتبار أن سرعة الترشيح هى ثلاثة أمتار مكعبة لكل متر مسطح من المرشح فى اليوم (الأربعة وعشرين ساعة) ــ ويكون تصميم الطلمبة بحيث تكفى لرفع المياه بالكمية والضغط اللازمين لامداد المياه فى أماكن الاستعمال فى مدة محددة . ويفضل غالباً أن يغطى كل من الحوض والمرشح وبئر الطلمبة ، منعـا لتعرضها للعوامل الجوية خاصة الضوء الذى يشجع على نمو الطحالب بكثرة فى المياه المخزنة لمدة طويلة ــ على أن يزود الغطاء بفتحات بأغطية محكمة كافية للنزول إلى الخزان لتنظيفه الدورى ،

وكذلك للمرشح لتجديد طبقة الرمل إذا احتاج الأمر ، كذلك يجب تزويد كل من الخزان والمرشح بفتحات للتهوية والسلالم اللازمة .

كما يمكن أحيانا الاستغناء عن حوض الترسيب وانشاء المرشح فى قاع المجرى المائى المستعمل كمصدر لمياه الشرب (شكل ٤ — ٥) أو إنشاء بحيرة صغيرة مجاورة للمجرى المائى لينشأ فيها المرشح (شكل ٤ — ٦) .

وفى جميع الحالات يحتاج الأمر إلى تنظيف للمرشح المستعمل — ويتم ذلك بتمشيط الطبقة العليا من المرشح أو ازالتها واحلال طبقة جديدة من الرمل النظيف بدلا منها .



(شكل رقم ٤ — ٥)

(شكل رقم ٤ — ٦)

مثــال : المطلوب بناء مجموعة من خزان منزلى لمياه سطحية ومرشح كافية لامداد المياه لمجموعة من المساكن المنعزلة بها خمسون شخصاً إذا كان أقصى استهلاك للمياه للشخص الواحد هو مائة لتر يومياً – وذلك فى الحالات الآتيــة :

(ا) المياه تتواجد فى المجرى المائى باستمرار .

(ب) المياه تنقطع عن المجرى المائى مدة شهر (أثناء الشدة الشتوية) .

الحـــل : التصرف اليومى المطلوب = ٥٠ × ١٠٠ = ٥٠٠٠ لتر = ٥ متر٣

∴ سعة الحوض فى الحالة الأولى = ٥ متر٣

∴ سعة الحوض فى الحالة الثانية = ٥ × ٣٠ = ١٥٠ متر٣

وبذلك يمكن اختيار حوض بالابعاد الآتية :

عرض = ٥ متر ، طول = ١٥ متر ، عمق للماء = ٢ متر

على أن يضاف إلى العمق نصف متر لتخزين الرواسب بين فترتى التنظيف ونصف متر ارتفاع الحوائط فوق منسوب المياه فيكون العمق الكلى للحوض ثلاثة أمتار .

وبفرض أن المرشح يعمل ثمانية ساعات يومياً – فان المتر المسطح من المرشح يعطى تصرف

$$= \frac{\text{معدل التصرف فى اليوم} \times ٨}{٢٤} = \frac{٣ \times ٨}{٢٤} = \text{متر مكعب واحد/اليوم}$$

$$\therefore \text{المساحة اللازمة للترشيح} = \frac{\text{التصرف}}{\text{معدل الترشيح}} = \frac{٥}{١} = ٥ \text{ متر مربع}$$

∴ عرض المرشح = ٢,٠ متر ، طول المرشح = ٢,٥ متر

أما أبعاد البئر (wet well) المجاور للمرشح فان حجمها لا يقل عن التصرف اللازم فى يوم واحد أى خمسة أمتار مكعبة . وبذلك يقترح لها الابعاد الآتية :

عمق : متر - عرض : ٢ متر - طول : ٢,٥ متر

أما التصرف الطلمبة فيتحدد بعد تعيين عدد ساعات تشغيلها فى اليوم - فاذا فرض أنها تعمل أربعة ساعات لرفع المياه المجمعة فى البئر إلى خزان علوى تتوزع منه المياه فى المنطقة خلال اليوم بأكمله .

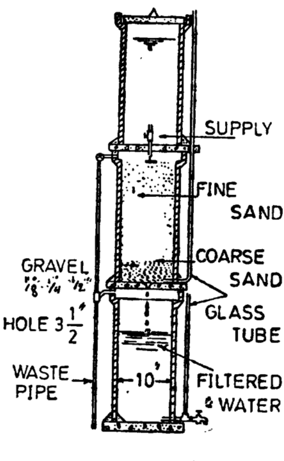
$$\therefore \text{تصرف الطلمبة} = \frac{\text{التصرف فى اليوم}}{\text{ساعات تشغيل الطلمبة}} = \frac{٥}{٤} = ١,٢٥ \text{ متر}^٣\text{/ساعة}$$

$$= \frac{١٢٥٠}{٦٠} = ٢١,٠ \text{ لتر / دقيقة}$$

أما سعة الخزان العلوى الذى تتوزع منه المياه إلى المساكن فيجب ألا تقل عن التصرف اللازم فى يوم واحد ، أى خمسة أمتار مكعبة - كما يتوقف ارتفاع هذا الخزان على ارتفاع المنازل التى توزع اليها الماء.

المرشحات المنزليـة :

وهى المرشحات التى تستخدم فى ترشيح كميات صغيرة من الماء لغرض استعمالها فى منزل واحد . وشكل (٤ - ٧) يبين مرشح منزلى مشابه للمرشحات المستعملة فى تنقية مياه المدن . وهو مكون من ثلاثة مواسير من الفخـار المضروب بالملح وتحتوى الماسورة الوسطى طبقات الرمل والزلط والعليا الماء



(شكل رقم ٤ — ٧)

الغير نقى والسفلى الماء المرشح .

وهناك مرشحات منزلية جاهزة تباع فى الأسواق أهمها :

١ — مرشح بركفيلد .

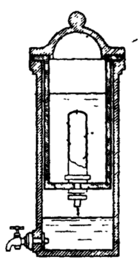
٢ — مرشح باستير .

١ — مرشحات بركفيلد :

وهى عبارة عن اسطوانات تعرف بالشموع (Candles) مصنوعة من نوع خاص من الفخار من طينة الدياتومايت بعدسحقها ووضعها فى أفران خاصة. والشمعة ذات طرف مكور والآخر مركب عليه طربوش من النحاس أو

معدن مناسب آخر ويخترقه ثقب قطره ٣/٨ بوصة ينفذ منه الماء المرشح .

وهذه المرشحات أما بطيئة أو سريعة . وتوضع فى المرشحات البطيئة شمعة أو أكثر فى وعاء موضوع داخل وعاء آخر . ويملأ الوعاء الداخلى بالماء المراد ترشيحه فيخترق الماء جدران الشموع وينفذ داخلها مخلفاً وراءه ماحمله من مواد عالقة على السطح الخارجى للشمعة . ثم يمر بالثقب الموجود فى الطربوش المعدنى إلى الوعاء الخارجى أو مستودع الماء المرشح (شكل ٤ — ٨)



(شكل رقم ٤ — ٨)

أما المرشحات السريعة فتوضع الشمعة داخل اسطوانة من الحديد أو النحاس المطلى بالصينى وتوصل هذه الاسطوانة الخارجية باحدى أنابيب الماء فى المنزل مع تركيب محبس عليها . وبفتح هذا المحبس يندفع الماء داخل الاسطوانة الخارجية حول الشمعة فينفذ من جدرانها بقوة ضغطه ويخرج من الأنبوبة العليا المتصلة بالطربوش المعدنى .

٢ — مرشحات باستير :

وهى شبيهة بمرشحات بركفيلد الا أنها تصنع من فخار الصينى (الغير مقزز) ولا تحتاج إلى طربوش معدنى إذ أنها تصنع بطرف مخروطى الشكل

وهذه المرشحات تستعمل أما بالطريقة السريعة أو البطيئـــة كرشحات بركفيلد تماما . وقد دلت التجارب أن مرشحات باستير أحسن عملا من مرشحات بركفيلد لأن مسامها أصغر .

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال مرشحات بركفيلد أو باستير :

١ - يلاحظ أن كمية الماء المنقاه بالمرشحات البطيئة تكون بسيطة جداً (حوالى ٢ ½ لتر فى اليوم لكل شمعة) ولكن إذا استعملنا الطريقة السريعة زادت كمية المياه المرشحة إلى ما يقرب من ١٠٠ لتر فى اليوم لكل شمعة . ولذا يحسن استعمال الطريقة السريعة وذلك بضغط الماء داخل المرشح بتوصيله إلى أنابيب المياه ذات الضغط العالى ان وجدت .

٢ - تعتمد كمية المياه المرشحة أيضاً على درجة نقاوة الماء المراد ترشيحه . ولذا يحسن أن تكون رائقة بقدر الامكان وذلك بترسيب المواد العالقة بها ان أمكن .

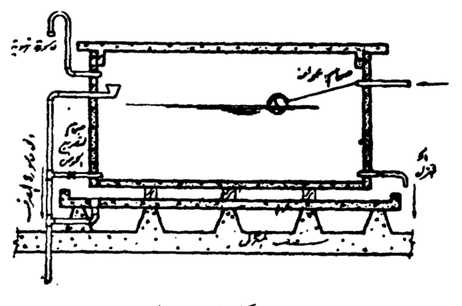
٣ - يعمل المرشح عادة بكفاءة عالية فى إزالة البكتيريا خلال جدران الشمعة ولذا وجب تعقـــيم الشمعة كل ثلاثة أيام على الأكثر . ويتم ذلك بفك المرشح وغسل الشمعه أولا ودعكها بفرشاة ناعمة بالماء البارد ثم وضعها فى ماء بارد على النار وتسخينها إلى درجة غليان الماء . ويلاحظ أنه إذا وضعت الشمعة مباشرة فى ماء ساخن ربما تتشقق . كذلك يمكن تعقيم الشمعة بوضعها فى محلول برمنجنات البوتاسيوم المركزة $\frac{١}{١٠٠٠}$ لمدة نصف ساعة وفى هذه الحالة لا تستعمل أول كمية مرشحة من الماء بعد تركيب المرشح لما قد تحتويه من برمنجنات .

٤ - يجب العناية عند شراء الشمعات من التأكد أنها سليمة وليست مشروخة وذلك بغمرها فى الماء وضغط الهواء فى داخلها بطلمبة يد مثل منفاخ عجلة أو ما شابه ذلك وعندئذ يمكن رؤية الهواء المتسرب خلال

أى ثقب فى الشمعة بما يحدثه من فقاقيع عند خروجه إلى الماء .

خـــزانات الميـــاه :

عند امداد مبنى منعزل بالمياه يلزم أن يبنى خزان صغير ترفع إليه المياه من مصدرها بواسطة الطلمبات ومن ثم يمكن توزيعها على مختلف الصنابير والحنفيات . وعادة يوضع هذا الخزان فوق المبنى نفسه بحيث يمكن دائمـــاً الوصول إليه بسهولة مع حفظه من جميع مصادر التلوث من مخلفات الطيور أو الأتربة الموجودة فى الهواء ، ذلك بتغطيته بغطاء من الخشب أو من الحديد كما يجب حماية المبنى من الماء فى حالة فيضان الخزان أو كسره وذلك بوضع حوض من الرصاص أو الحديد المجلفن تحت الخزان متصل بأنبوبة لتصريف ما قد يصل إليه من الماء .. وتختلف سعة الخزان حسب الغرض الموضوع له ولكنه عادة لا يقل عن ما يكفى حاجة سكان المنزل لمدة يوم وتؤخذ أنابيب التوزيع دائماً من نقطة بالقرب من القاع ويجب أن يركب عليها محبس بالقرب من الخزان وذلك لتفادى الاضطرار إلى تفريغ الخزان من الماء كلما دعا الأمر إلى اصلاح مواسير التوزيع كذلك يجب وضع أنبوبة لتصريف مياه الخزان عند غسيله وتنظيفه من وقت لآخر . (شكل ٤ – ٩) .



(شكل رقم ٤ – ٩)

٣ - الميـــاه الجوفيـــة :

وتسمى أحيانا المياه تحت السطحية أو تحت الأرضية .

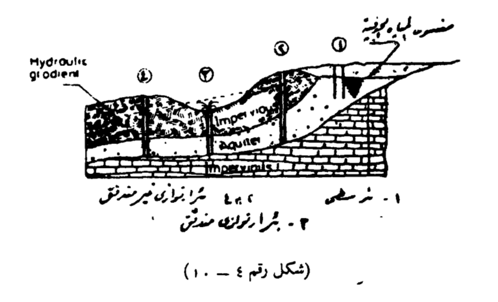
وهى المياه التى تستمد من باطن الأرض - ومصدرها كما سبق ذكره :

١ - مياه الأمطار التى يتسرب جزء منها إلى داخل الأرض حتى تصل إلى منطقة التشبع بالمياه الجوفية فيرتفع مستواها .

٢ - مياه الأنهار والترع والبحيرات التى تتسرب فى مسام الأرض عند ارتفاع منسوب المياه فى الأنهار والبحيرات عن منسوب المياه فى منطقة التشبع .

ويمكن الحصول على المياه الجوفية أما عن طريق :

١ - الآبار (wells) وهى فتحات تنشأ صناعياً فى القشرة الأرضية تصل ما بين سطح الأرض والطبقة الحاملة للمياه الجوفية (aquifer) . (شكل ٤ - ١٠) .

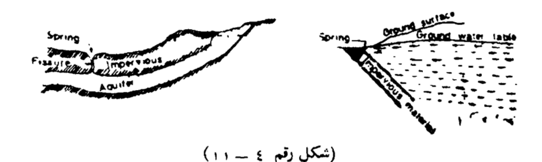


(شكل رقم ٤ - ١٠)

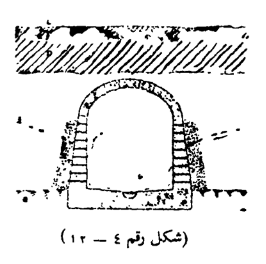
٢ - العيون (Springs) وهذه تنشأ طبيعياً عندما تتقابل الطبقات المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض أو عندما تقابل هذه الطبقات شقاً مؤدياً إلى سطح الأرض (شكل ٤ - ١١).

٣ - خنادق الترشيح (Infiltration galleries) ، (شكل ٤ - ١٢) . وهي أنفاق طولية تعترض سير المياه الجوفية ومن ثم يمكن تجميع هذه المياه فيها

وفي الصحراء الغربية بالقرب من مرسى مطروح تم اكتشاف أنفاق ترشيح بنيت في عهد الرومان (ولذلك سميت بالآبار الرومانية) يبلغ طولها



(شكل رقم ٤ - ١١)



(شكل رقم ٤ - ١٢)

ما يقرب من كيلومتراً . بينما يتراوح عرضها من ٧٠ إلى ١٨٠ سنتيمتراً وارتفاعها حوالى مترين ويرتفع منسوب قاعها حوالى ثلاثين سنتيمتراً عن سطح البحر - وتستمد هذه الآبار الرومانية المياه من الأمطار الغزيرة التي

تسقط على التلال الرملية المحيطة بها - ويتراوح تركيز المواد الصلبة الذائبة فى هذه المياه من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون .

وأكثر طبقات الأرض انتاجا للماء الموجود بها هى طبقات الرمل والحصى والزلط وكذلك طبقات الحجر الرملى الخشن ، كما يمكن الحصول على المياه الجوفية أيضاً من الشقوق التى تتواجد فى الطبقات الصخرية - وأقل طبقات الأرض انتاجا للمياه الجوفية هى الطبقات الطينية نظراً لدقة المسام مما يقلل من نفاذيتها ويصعب مرور الماء فيها بسرعة .

وكميات المياه الجوفية عادة قليلة بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها كمصدر لمياه المدن غير ممكن ولهذا تستعمل فقط كمصدر للمياه اللازمة للقرى والعزب والمبانى المنعزلة .

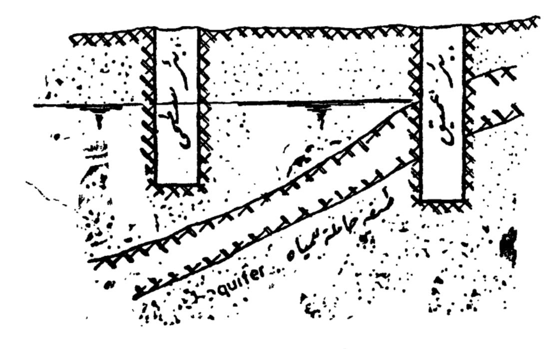
وفى الجمهورية العربية المتحدة يعتبر نهر النيل هو المصدر الرئيسى للمياه الجوفية وذلك لندرة الأمطار إلا على الشريط الساحلى الشمالى - وتستعمل المياه الجوفية فى مصر لامداد القرى والأماكن المنعزلة بالمياه بانشاء بئراً وأكثر لكل قرية أو مجموعة من القرى - ويزود كل بئر بطلمبة ترفع المياه إلى خزان مرتفع ومنه توزع المياه فى شبكة المواسير إلى المنازل أو إلى مجموعة الحنفيات فى انحاء القرية .

هذا فى الأماكن التى تصلح فيها المياه الجوفية للاستعمال الا أنه نظراً لعدم صلاحية الماء الجوفية على امتداد الساحل الشمالى للدلتا لكثرة ما بها من أملاح وكذلك فى محافظة الفيوم - فأنه لا يعتمد على المياه الجوفية لامداد القرى فى هذه المناطق بالمياه ولذلك عمدت السلطات المسئولة إلى انشاء

محطات تنقية للماء السطحية من النيل أو الترع المتفرغة منه وكذلك انشاء شبكات لتوزيع المياه تغطى هذه المناطق — ومحطات التنقيية هذه توجد فى مدن فوه وشربين . بساط كريم الدين . العباسة . أبوحمص وذلك لامداد قرى منطقة شمال الدلتا بالمياه الصالحة للاستعمال (شكل ١ — ١٢) . وكذلك بالقرب من مدينة الفيوم لامداد قرى محافظة الفيوم بالمياه .

الآبار ـ انواعها وطرق انشائها

تنقسم الابار تبعا لموضوع طبقات الارض الصماء بالنسبة للطبقة الحاملة للماء الى نوعين (شكل ٤—١٣)



(شكل رقم ٤ — ١٣)

أ - آبار سطحية (Shallow well) : وهى التى تستمد ماءها من الطبقة المسامية التى تعلو أول طبقة صماء - أى أن البئر لا يخترق الطبقة الصماء .

(ب) آبار عميقة (Deep well) : وهى الآبار التى تنفذ خلال طبقة صماء لتحصل على الماء من مسامية واقعة تحتها .

ويلاحظ أن التعبيرين (سطحية . عميقة) لا تعنى المقارنة بين الأعماق الفعلية للابار بل تعنى مدى اختراق البئر لطبيعة صماء أو عدمه - وبذلك من المحتمل أن يوجد بئر عميق أقصر (أى أقل عمقا) من بئر سطحى متوقفاً على اختراق البئر لطبقة صماء .

وتنقسم الآبار بالنسبة للضغط الواقع على المياه الجوفيه الى نوعين (شكل ٤-١٠)

أ - آبار اعتيادية (Ordinary wells) :

وهى التى يكون الضغط على سطح المياه الجوفية فيها مساوياً بالضغط الجوى أى يكون مستوى الماء فى البئر عند عدم تشغيله هو نفس مستوى الماء فى الطبقة الحاملة له وهذا هو الواضح دائماً بالنسبة للابار السطحية .

ب - آبار ارتوازية (Artizian or pressure wells) :

وهى الآبار التى تتغذى من طبقة مسامية تكون المياه الجوفية فيها تحت ضغط أعلى من الضغط الجوى بحيث يرتفع الماء فى البئر إلى مستوى أعلى من مستواه فى الطبقات المحيطة بالبئر .

وهذا النوع من الآبار بدورة ينقسم إلى نوعين (شكل ٤ - ١٠) :

١ - آبار ارتوازية متدفقة (Free flowing wells) :

وهى الآبار التى تكون المياه الجوفية فيها معرضة لضغط كاف لأن يسبب ارتفاع الماء إلى فوهة البئر عند مستوى سطح الأرض - الأمر الذى يغنى عن استعمال طلمبات لسحب الماء من البئر .

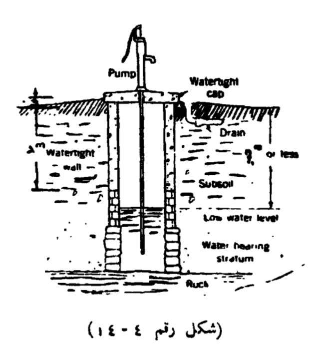
٢ - آبار ارتوازية غير متدفقة (Non free flowing wells) :

وهى الآبار التى لا تتعرض المياه فيها لضغط كاف بسبب ارتفاع الماء إلى سطح الأرض بل يسببَ ارتفاع الماء إلى منسوب أقل من سطح الأرض الأمر الذى يوجب استعمال طلمبات لاستخراج الماء من البئر .

وتنقسم الآبار تبعا لطريقة بنائها الى عدة أنواع

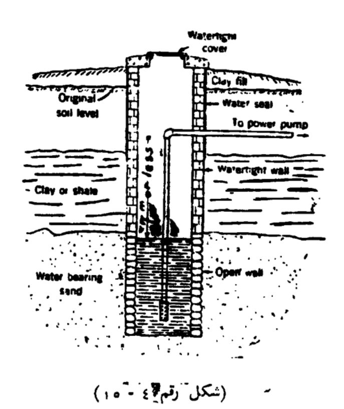
أ - الآبار المحفورة Dug wells : (شكل ٤ - ١٤ ، ٤ - ١٥) :

وهى آبار سطحية يتراوح قطرها بين متر ومترين ولا يتجاوز عمقها خمسة عشر متراً - وتبنى بطريقة التغويص بأن تحفر الأرض لعمق حوالى



(شكل رقم ٤ - ١٤)

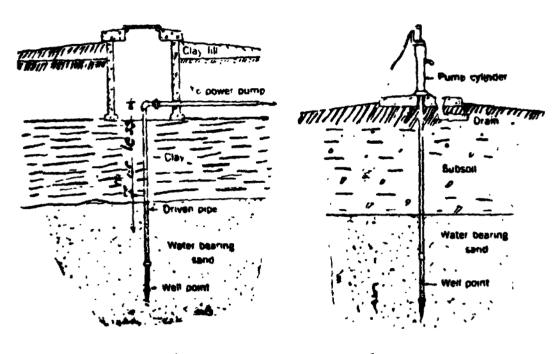
مترين – بالقطر المناسب ثم توضع كرة دائرية من الخشب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة يطلق عليها اسم (الخنزيرة) – على أن تكون مثلثة القطاع ذات حد قاطع وقطرها الداخلي يساوى قطر البئر المراد بناؤه – ثم يبنى على هذه الكمرة الحائط المبطن بالطوب أو الدبش بدون مونة – حتى تسمح بتسرب المياه من الأرض إلى داخل البئر خلال مسام المبانى – وكلما زاد ارتفاع الحائط زاد ثقله على الكمرة فى نفس الوقت تخلى الأرض داخل الخنزرة وتحت جوانبها مما يساعد على نزولها بما عليها من مبانى تدريجياً إلى أن تصل إلى العمق المطلوب داخل الطبقة الأرضية الحاملة للمياه – على أن يراعى دقة عملية البناء والحفر حتى تتم العملية بانتظام – والا تعذر انزال البئر رأسياً نتيجة لتحميل الخنزيرة تحميلا غير منتظم أو نتيجة لحفر داخل وتحت الخنزيرة حفرا غير منتظم .



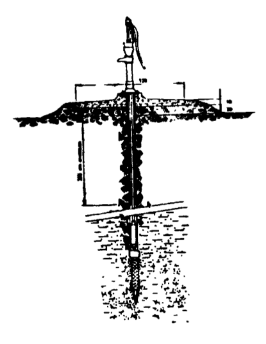
(شكل رقم ٤ - ١٥)

على أنه يجب مراعاة أن تكون مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبئر بالطوب أو الدبش بالمونة الأسمنتية أو من الخرسانة حتى يكون مصمتا بعمق ثلاثة متر على الأقل حتى لا تتسرب المياه السطحية داخل البئر خلال هذا الجزء — وبذلك يمتنع أى احتمال لتسرب مياه سطحية إلى داخل البئر دون تنقية كافية كما يراعى أن ترتفع مبانى الحائط المبطن للبئر مقدار ثلاثين سنتيمترا فوق سطح الأرض ثم يغطى البئر بغطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسوره متصلة بالطلمبة التى تسحب المياه من البئر — ومن المستحسن أن أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر على فترات .

(ب) الآبار المدقوقة (Driven Wells) ، (شكل ٤ — ١٦ ، ٤ — ١٧ ، ٤ — ١٨) :



(شكل رقم ٤ - ١٦ ، ٤ - ١٧)



(شكل رقم ٤ — ١٨)

وهى عبارة عن ماسورة من الحديد يتراوح قطرها من ٢ إلى ٣ بوصة مكونة من عدة وصلات كل منها بطول حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة جلب مقلوظة (Screw Joints) على أن يكون الجزء الأسفل منها ماسورة مثقبة الجوانب ذات طرف مدبب ليسهل اختراقها للتربة عند دقها . (شكل ٤ — ١٩) — وهذه الماسورة تعمل كمصفاة تسمح بتسرب الماء إلى داخل الماسورة وتمنع حبيبات التربة من ذلك . ويتراوح قطر هذه الثقوب من ١/٢" إلى ٥/٨" على أن تكون المساحة الكلية لهذه الثقوب حوالى ٢٠ ٪ من المسطحة السطحية للماسورة — وتغطى هذه الثقوب بسلك شبكى نحاسى فتحاته نصف ملليمتر بحيث تكون المساحة الكلية للثقوب فى الشبكة النحاسية هذه حوالى ١٠ ٪ من المساحة السطحية للماسورة .

وتدق هذه المواسير فى الأرض لتخترق القشرة الأرضية وتصل إلى الطبقة الرملية الحاملة للمياه الجوفية بأحد الطرق الآتية :

١ — استعمال ثقل يرتفع ثم يسقط على رأس الماسورة (شكل ٤ — ٢٠)

وفى هذه الطريقة توضع الماسورة المثقبة فى وضع رأسى وطرفها المدبب إلى أسفل — وبتوالى سقوط ثقل على رأسى الماسورة تهبط داخل الأرض — وعند اقتراب نهاية الماسورة لسطح الأرض يوصل بها ماسورة أخرى طولها حوالى متران وذلك بواسطة وصلات أو جلب مقلوظة ويستأنف الدق وهكذا إلى أن تصل الماسورة المثقبة إلى العمق المطلوب الذى تتواجد فيه المياه الجوفية .

وتصلح هذه الطريقة لعمل آبار فى الأرض الرملية أو الطينية المفككة ولكنها غير صالحة فى الأرض الصخرية أو الطينية المتماسكة .



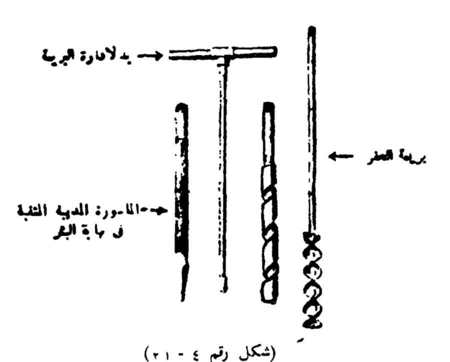
(شكل رقم ٤ - ١٩ . شكل رقم ٤ - ٢٠)

٢ — استعمال البريمة لثقب الأرض

وفى هذه الطريقة تستعمل بريمة قطرها الخارجى أكبر قليلا من قطر ماسورة البئر على أن تثبت البريمة رأسيا ثم تدار لتنزيل فى الأرض إلى نهايتها ثم ترفع رأسياً دون أن تدار وبذلك تخرج البريمة وفى ثناياها حبيبات التربة ويتم عمل ثقب داخل أرض بالقطر المطلوب . (شكل ٤ — ٢١) :

وبازالة المواد العالقة من ثنايا البريمة يمكن اعادة استعمالها لتعميق البئر بالاستعانة بقضبان تتصل بالبريمة بجلب مقلوظة — حتى تصل إلى العمق المطلوب الذى تتواجد فيه المياه الجوفية — وعندئذ يمكن انزال الماسورة المثقبة على أن توصل بها المواسير الحديدية بالطول اللازم .

وتمتاز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بأنه عند تنظيف ثنايا البريمة يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نفاذيتها ومساميتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده البئر .



(شكل رقم ٤ - ٢١)

كما يجب أن تعلى الأرض فى موقع البــــئر بمقــدار ثلاثين سنتيمتراً ثم توضع بلاطــــة من الخرسانة المسلحة تخترقهــا ماسورة البئر لتتصل بالطلمبة التى تسحب الميــاه . ويفضل أيضــاً أن تغلف ماسورة البئر لعمق ثلاثة أمتار بها ماسورة أخرى معدنية أو خرسانية (شكل ٤ — ١٨) لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للارض دون تنقية كافية .

على أنه يجب مراعاة ألا تتجاوز المسافة بين الطلمبة التى تسحب المياه من البئر وسطح المياه أكثر من سبعة أمتار حتى يمكن سحب المياه دون أى متاعب نتيجة لتبخر الماء الناتج من انخفاض الضغط داخل الماسورة — فاذا وجد أن منسوب المياه الجوفية أبعد من سبعة أمتار تحت سطح الأرض فأنه يجب انزال الطلمبة الساحبة للمياه إلى منسوب يسمح بسحبة دون التعرض لمتاعب تبخر الماء الناتج من زيادة طول ماسورة السحب عن سبعة أمتار (شكل ٤ — ١٨) .

طول الماسورة المثقبة (المصفاه) :

ويتوقف طول الماسورة المثقبة فى النهاية لماسورة السفلى البئر على التصرف المنتظر سحبه من البئر وكذلك على السرعة المسموح للمياه أن تدخل بها خلال هذه السرعة يجب ألا تزيد عن القدر الذى قد يسبب دخول حبيبات التربة داخل المواسير كما هو مبين بالجدول رقم (٤ — ١) الا أنه عادة ماتحتسب هذه السرعة ٠,٠٣ متر/الثانية وذلك زيادة فى الاحتياط — ولما كانت المساحة الكلية (net area) للثقوب تساوى ١٠٪ من المساحة السطحية للماسورة المثقبــة .

جدول رقم (٤ — ١)
الحـد الأقصى بسرعة دخـول الميـاه
فى ثقـوب المصفـاه للابـار المدقوقـة

قطر حبيبات التربة ملايمتر	السرعة القصوى متر / ثانية
أقل من ٠,٢٥	٠,٠٣
٠,٢٥ ← ٠,٥٠	٠,٠٣ ← ٠,٠٦
٠,٥٠ ← ١,٠٠	٠,٠٥ ← ٠,١٠
١,٠٠ ← ٢,٠٠	٠,١٠ ← ٠,١٧
٢,٠٠ ← ٤,٠٠	٠,١٧ ← ٠,٧٠

أى أن س = ٠,١٠ × ل × ط × ق

حيث ل = طول الماسورة المثقبة
ط = النسبة التقريبية = ٣,١٤
ق = قطر الماسورة المثقبة
س = مساحة الفتحات فى الشبكة النحاسية

وبافتراض ع = سرعة دخول الماء فى الثقوب = ٠,٠٣ متر/ ثانية
يكون التصرف الداخل خلال الثقوب = ع س
= ٠,٠٣ × ٠,١ × ل × ط × ق
= ٠,٠٠٣ ل ط ق

وهو يساوى فى نفس الوقت التصرف الخارج من البئر .
وبفرض أن سرعة المياه داخل ماسورة البئر تساوى ١,٠ متر/ ثانية .

$$\therefore \text{تصرف البئر} = \frac{\text{ع} \times \text{ط ق}^2}{4} = \frac{\text{ط ق}^2}{4}$$

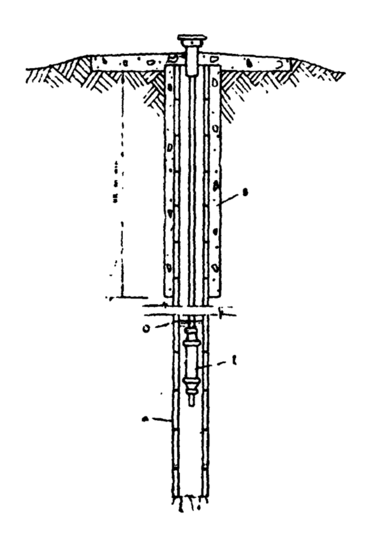
$$\therefore \frac{\text{ط ق}^2}{4} = 0.003 \text{ ل ط ق}$$

∴ ل = ٨٠ ق تقريباً .

أى أن طول الماسورة المثقبة يجب ألا يقل عن ثمانين ضعف قطر الماسورة

(ج) الآبار المثقوبة (Bored Wells) : (شكل ٤ — ٢٢)

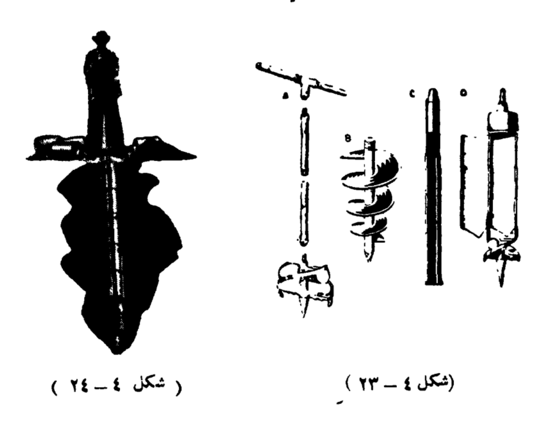
وهى عبارة عن فتحة فى القشرة الأرضية يتراوح قطرها بين ستة بوصات وستة وثلاثين بوصة تبطنها ماسورة حديدية بنفس القطر — مكونة من عدة مواسير طول كل منها حوالى متران متصلة ببعضها بواسطة وصلات أو جاب مقاوظة — على أنه يجب أن تكون الماسورة السفلى من هذه المواسير مثقبة تعمل كمصفاة حتى يمكن للمياه الجوفية أن تتسرب إلى داخل البئر بينما تمنع حبيبات التربة من ذلك .



(شكل رقم ٤ - ٢٢)

وتغوص هذه المواسير بوضع الماسورة الأولى (المثقبة الجوانب) فى وضع رأسى وبتوالى سقوط ثقل يرتفع ويهبط على رأس الماسورة تهبط الماسورة داخل الأرض ومن ثم توصل بها ماسورة أخرى بواسطة الوصلات الجلب المقلوظة ويستأنف الدق حتى تصل إلى العمق المطلوب .

الا أنه يجب ملاحظة أن فى هذه الحالة نظراً لأن المواسير لا تنتهى بطرف مقفل مدبب (كما هى الحالة فى الآبار المدقوقة) بل تنتهى بطرف مفتوح فأنه يلزم بازالة الأتربة من داخل المواسير مع استمرار عملية الدق . وهذا يتم باستخدام أدوات خاصة بذلك مثل البريمة (auger) بأنواعها أو صناديق ازالة الرمل أو الطين وهذه مزودة بصمامات فى أسفلها لمنع سقوط المواد منها عند رفعها إلى أعلى (شكل ٤ — ٢٣) — بل يحسن أن أمكن أن تكون عملية ازالة الأتربة سابقة لعملية دق المواسير (شكل ٤ — ٢٤) .



(شكل ٤ — ٢٤)

(شكل ٤ — ٢٣)

وتمتاز هذه الطريقة كسابقتها بأنه عند ازالة الأتربة من داخل المواسير يمكن أخذ عينات من التربة لمعرفة نوعها ومدى نفاذيتها وبذلك يمكن تحديد العمق المناسب الذى يوقف عنده دق البئر .

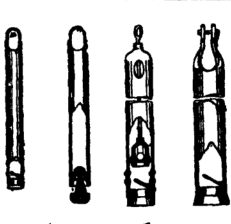
كما يراعى أسوة بالابار المحفورة أن ترتفع الماسورة المبطنة للبئر بمقدار ثلاثين سنتيمتراً فوق سطح الأرض على أن تغلف هذه الماسورة حتى عمق ثلاثة أمتار داخل الأرض بغلاف من الخراسانة لضمان عدم تسرب المياه من سطح الأرض إلى البئر خلال الطبقة العليا للأرض ثم يغطى البئر بغطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسورة متصلة بالطلمبة التى تسحب المياه من البئر .

(د) الآبار المنحوتة (Drilled wells) :

وهى الآبار التى تخترق طبقات الأرض الصخرية أو المتماسكة تماسكاً شديداً تحتاج لمعدات وآلات لاختراق هذه الطبقات الصلبة حتى يمكن الوصول إلى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وهناك أكثر من طريقة لانشاء هذه الآبار :

١ - الطريقة الاعتيادية (Standard method)



(شكل رقم ٤ - ٢٥)

وهى تتكون من ماسورة ذات حد قاطع تدق لتخترق القشرة الأرضية حتى تصل إلى المياه الجوفية ولا تختلف طريقة تغوص الماسورة فى هذه الحالة عن طريقة الآبار المثقوبة الا فى طريقة تكسير الطبقات الصخرية التى قد تعترض الماسورة ففى هذه الحالة تستعمل أثقال مدببة الأطراف تعلو وتهبط داخل الماسورة أثناء عملية التغويص ، وينتج عن ذلك تفتيت للصخور التى تعترض نزول الماسورة فى داخل الأرض – على أن تزال المواد التى يتم تفتيتها كل فترة بواسطة البريمة بأنواعها أو صناديق ازالة .(شكل ٤ – ٢٥) .

وكما هو الحالة فى الآبار المثقوبة يراعى أن يكون الجزء الأسفل من الماسورة مزوداً بثقوب تسمح بدخول الماء الجوفى داخل البئر .

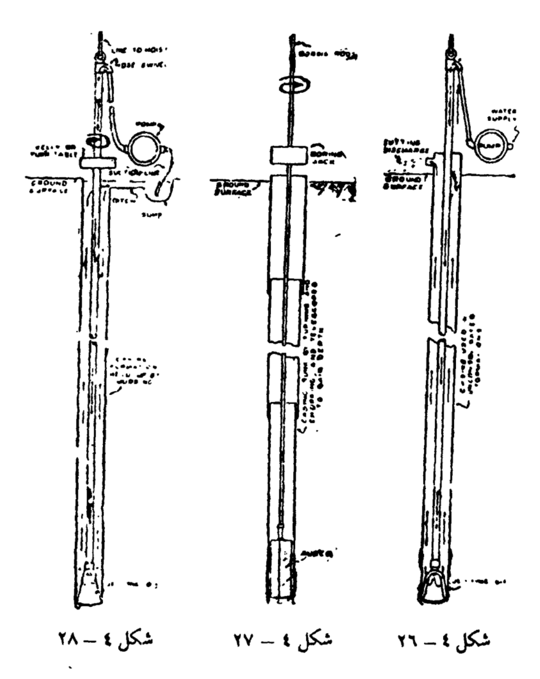
٢ – الطريقة المائيـة (Jetting method) (شكل ٤ – ٢٦) :

وتتبع نفس طريقة التغويص المتبعة فى الطريقة الاعتيادية أى باستعمال الأثقال المدببة المتوالية الهبوط والارتفاع لتكسير المواد الصلبة داخل ماسورة البئر الا أنه فى الطريقة المائية تكون هذه الأثقال مفرغة ومثقبة ومتصلة بمواسير مرنة تسير فيها المـاء تحت ضغط عالى ونتيجة لهذا الضغط تخرج المياه من الثقوب الموجودة فى الأثقال باندفاع ومن ثم ترتفع إلى أعلى داخل ماسورة البـئر حاملة معها المواد التى كسرتها الأثقال فى أثناء هبوطها المتوالى .

وتمتاز هذه الطـريقة عن سابقتها بأنها أسرع كما أنها أنسب فى حالة اختراق طبقات طينية متماسكة ولاقطار حوالى قدم ولاعماق تصل إلى مائة وخمسين متراً .

٣ – المثاقب الدوارة (Core Driller methods) (شكل ٤ – ٢٧) :

وفى هذه الطريقة يتم عمل الثقب داخل طبقات الأرض الصلبة بواسطة مثاقب عبارة عن اسطوانة مجوفة مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة ٢٠ – ٤٠



شكل ٤ — ٢٦ شكل ٤ — ٢٧ شكل ٤ — ٢٨

لفة فى الدقيقة وبذلك تتم نحت جزء من طبقة الأرض تدخل فى الاسطوانة المجوفة وعند رفع الاسطوانة إلى أعلى ينفصل هذا الجزء ليخرج مع الاسطوانة وتستمر عملية الثقب هذه — وفى نفس الوقت تجرى عملية انزال الماسورة الحديد المبطنة للبئر فى الثقب أثناء التشغيل حتى تصل إلى العمق المطلوب حيث توجد الطبقة الحاملة للمياه الجوفية .

وتمتاز هذه الطريقة بامكان الحصول على عينات من باطن الأرض كما كانت عليه داخل الأرض دون أى خلل فى ترتيب الحبيبات .

٤ — الطريقة المائية الدوارة (Hydraulic Rotary Method) (شكل ٤—٢٨) :

وهى أحسن ما تتبع إذا كانت طبقات الأرض من طبقات متماسكة من الطين والرمل — وفى هذه الطريقة يستعمل مثقاب مجوف =مزودة بأسنان صلبة تدور بسرعة تتناسب مع نوع التربة التى تخترقها — ويتصل بهذا المثقاب ماسورة تضغط فيها المياه مشبعة بنوع معين من الطمى (Driller mud) فتخرج من الاسطوانة حاملة معها المواد التى نحتتها الأسنان الحادة فى أثناء دورانها .

الاشتراطات الصحية الواجب توافرها فى مياه الآبار :

تعتبر المياه الجوفية أكثر صلاحية من المياه السطحية من الناحية الصحية ولهذا فأنه يفضل الاعتماد عليها كمصدر لمياه صالحة طالما تواجدت بالكميات الكافية وكانت لا تحتوى على شوائب تحد من استعمالها والجدول رقم (٤ — ٢) يبين الدرجة القصوى التى تتواجد بها الشوائب المختلفة فى المياه الجوفية كما يبين الحد الأقصى المسموح بتواجده فى المياه الصالحة للاستعمال وكذلك الحد المفضل عدم تجاوزه لتركيز هذه الشوائب .

فاذا زادت الشوائب فى المياه الجوفية عما هو مذكور فى جدول (٤ — ٢) فلا بد من معالجتها قبل الاستعمال حتى يقل تركيزها إلى الحد الأقصى المفضل كما هو واضح فى نفس الجدول .

جدول رقم (٤ – ٢)

الحد الأقصى والحد المسموح به والحد المفضل للشوائب
فى المياه الجوفية (مقدرة جزء فى المليون)

	أقصى حد للتواجد	الحد الأقصى المسموح به	الحد الأقصى المفضل
العكارة	١٠٠	١٠	١
اللون	٦٠٠	٢٥	٥
الأملاح الذائبة			
الحديد	٢٠	٥	٠,٣
السلفات	٢٠٠٠	١٠٠٠	٢٥٠
المنجنيز	٥	٢	٠,٢
الكاوريدات. . . .	٢٠٠٠	٣٠٠	٢٥٠
العسر الكلى	٢٠٠٠	٥٠٠	١٠٠
الكلوريدات. . . .	٣,٥٠	١,٥	١,–
الغازات الذائبة			
الميثين	١٥	١٥	صفر
كبريتور الهيدروجين	–	–	صفر
ثانى أكسيد الكربون .	٦٥	٢٥	١٥
الأكسجين	١٤,–	–	–

المساحة الصحية للآبار (Sanitary Survey)

وبالاضافة إلى عدم زيادة تركيز الشوائب فى المياه الجوفية عما جاء فى هذا الجدول فأنه يجب فحص الآبار للتأكد من استيفائها الشروط الآتية قبل الحكم بصلاحية الآبار للاستعمال وهذا ما يسمى بالمساحة الصحية للبئر . وهى تشمل ما يأتى :

١ - اختبار مبنى للبئر (Examination of well construction) :

وذلك للتأكد من عدم تسرب المياه السطحية إلى داخل البئر وخطوات ذلك هى :

(ا) التأكد من أن مبانى الجزء العلوى من الحائط المبطن للبئر من الطوب أو الدبش بالمونة أو من الخرسانة العادية أى يكون من مادة غير منفذة للمياه (Water tight) وذلك لعمق لا يقل عن ثلاثة أمتار .

(ب) رفع هذا الحائط المبطن للبئر فوق سطح الأرض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً مع وضع غطاء من الخرسانة المسلحة تخترقه ماسورة سحب المياه من البئر - على أن يزود هذا الغطاء بفتحة مغطاة يمكن فتحها عند الحاجة للكشف على البئر .

(ج) يجب تبليط الأرض المحيطة بالبئر بقطر حوالى عشرين متر مع مراعاة أن يكون الانحدار إلى الخارج وبذلك لا تتجمع المياه حول البئر .

٢ - اختبار موقع البئر (Examination of Site) :

وذلك للتأكد من حماية البئر من التلوث بالمياه الجوفية الملوثة . وحتى

يتوافر ذلك يجب مراعاة الآتى فى اختيار موقع البئر .

(ا) عدم استعمال الآبار المهملة أو المجارير لصرف المخلفات السائلة إلا بعد التأكد من عدم تسرب هذه المخلفات إلى الآبار المستعملة للشرب .

(ب) عدم انشاء البئر بالقرب من المصادر المسببة لتلوث المياه الجوفية مثل المجارير المرشحة (Leaching Cesspool) وأكوام السماد البلدى أوأكوام القمامة لما قد تحمله المياه التى ترشح من هذه المصادر إلى البئر من مواد عضوية متحللة تعطى الماء رائحة وطعما غير مستساغة .

ولذلك فأنه يوصى دائماً بألا يقل بعد البئر عن أى مصدر من مصادر التلوث المذكورة أعلاة عن ١٠ : ٣٠ متراً حسب مصادر التلوث ونوع البئر وتكوين طبقات الأرض .

(ج) عند اختيار موقع البئر يجب التأكد من اتجاه سير المياه الجوفية ثم اختيار البئر بحيث يكون اتجاه سير المياه الجوفية من البئر إلى مصدر التلوث وليس العكس .

٣ — اختبار طريقة سحب المياه من البئر وتخزينها :

(ا) التأكد من أن مواسير السحب والضغط من مادة محكمة ويحسن أن تكون من الحديد الزهر وأن يكون تخطيطها فى باطن الأرض بعيداً عن أى مصدر للتلوث .

(ب) انشاء الخزانات المخصصة للمياه من مادة لا تتسرب منها المياه

مزودة بفتحات مغطاة للكشف عليها ومزودة كذلك بفتحات تهوية لمرو الهواء مانعة لمرور الأتربة والحشرات .

(ج) عدم وضع آلات محركة ثقيلة على البئر مباشرة إذ قد ينتج عن اهتزازها شروخ فى غطاء البئر أو الحائط المبطن للبئر — وهذا بالتالى يسبب دخول المياه السطحية إلى داخل البئر .

(د) اختبار عمق المياه فى البئر قبل وفى أثناء سحب المياه من البئر :

وذلك للتأكد من عدم تجاوز المسافة الرأسية بين الطلمبة التى تسحب الماء من البئر وسطح الماء فى البئر أكثر من ثمانية مترات والا تعذر رفع الماء — ولتفادى ذلك فى حالات تواجد الماء على أعماق كبيرة فأنه تبنى غرفة خاصة للطلمبة تحت الأرض من مادة مانعة لمرور الماء ، على أن تزود الحجرة بماسورة صرف للتخلص من الماء الذى قد يتسرب من الطلمبة أو من خارج الحجرة كما أنه فى كثير من الحالات إذا كان قطر البئر بالاتساع الكافى فأنه يتم انزال الطلمبة (دون الموتور المحرك) داخل البئر على أن تتصل بالموتور المحرك بمحور دوران بالطول الكافى .

٤ — الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية :

ويتم ذلك بأخذ عينات من المياه الجوفية من البئر وفحصها بكتريولوجيا لمعرفة ما إذا كانت تحتوى على بكتريا دالة على تلوث المياه بالمخلفات السائلة . إلا أن النتائج السالبة لهذا الفحص ليست كافية للدلالة على عدم تلوث المياه الجوفية بالمخلفات السائلة بل يعتمد اعتماداً أساسياً على الاختبارات الثلاثة السابقة كدليل على سلامة البئر وامكان الاعتماد عليه كمصدر لمياه الشرب .

على أنه يجب قبل استعمال البئر بعد انشائه أن يتم تعقيم البئر وذلك باتباع الخطوات الآتية :

١ — تنظيف جدران البئر والمواسير والطلمبات مما قد يتواجد فيها من شوائب علقت بها أثناء عملية البناء .

٢ — سحب الماء الموجود فى البئر وذلك فى حالة الآبار السطحية المحفورة ثم ترك البئر ليتسرب الماء إلى داخله حتى منسوب المياه الجوفية فى الأرض .

٣ — اضافة كمية من محلول الكلور إلى البئر .

٤ — قياس كميـــــة الكلور المتبقية فى البـئر بعد ٢٤ ساعة من اضافة الكلور .

٥ — إذا خلت المياه من الكلور المتبقى فيلزم اضافة كمية أخرى من الكلور والتأكد من وجـــود كلور متبقى بعد ٢٤ ساعة أخرى .

٦ — سحب الماء المحتوى على الكلور — وبذلك يصير البئر صالحا للاستعمال .

المضخات المستعملة لرفع مياه الآبار

لما كان منسوب المياه الجوفية عادة أقل من منسوب الأرض فى منطقة البئر (ألا فى حالة الآبار الارتوازية المتدفقة) فان الأمر يحتاج دائماً إلى رفع المياه إلى الخزانات التى تتوزع منها المياه على المنازل وما فيها من أجهزة صحية — وهناك أنواع كثيرة من المضخات التى تستعمل لهذا الغرض وأكثرها إستعمالا هى :—

(ا) المضخة الماصة (Suction pump) .

(ب) المضخة الماصة الكابسة (Suction Pressure pump) .

(ج) المضخة الماصة الكابسة المزدوجة (Double force pump) .

(د) المضخة ذات القوة الطاردة المركزية (Centrifugal pump) .

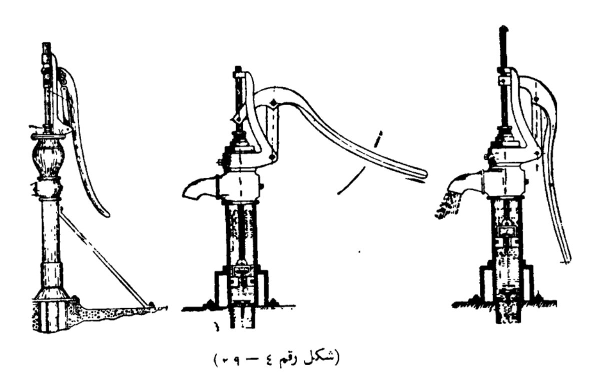
(هـ) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (Air lift pump) .

(و) مضخات الرفع بالنافورة (Jet pump) .

ويتوقف اختيار أى نوع من هذه الأنواع على كمية المياه المراد رفعها والمنسوب بالمراد رفع المياه إليه ومنسوب المياه فى البئر وعلى القوة المحركة المتيسر الحصول عليها .

(ا) المضخات الماصة (شكل ٤ — ٢٩) :

وهى غالباً تدار باليد وتستعمل لرفع الماء من الآبار إلى سطح الأرض فقط أى لا ترفعها إلى أعلى من الطلمبة نفسها ولا يزيد تصرفها عادة عن ٢٥



(شكل رقم ٤ — ٠٩)

لتر /دقيقة وهى عبارة عن اسطوانة من الزهر بداخلها كباس متصل بذراع يرتكز على حافة الاسطوانة من أعلى مكونا رافعة بسيطة يمكن بواسطتها تحريك الكباس رأسياً داخل الاسطوانة .

ويوجد بالمضخة صمامان الأول صمام الكباس والثانى صمام المص المركب على ماسورة السحب (Suction pipe) عند اتصالها باسطوانة الطلمبة . وكلا الصمامين يفتح فى اتجاه واحد إلى أعلى .

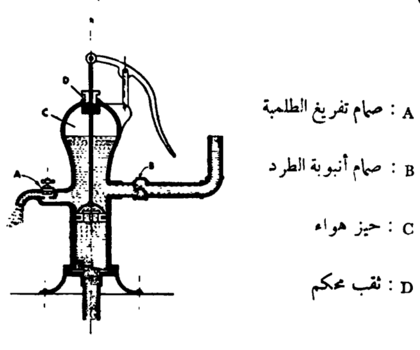
طريقة عمل المضخة :

عندما يرتفع المكبس إلى أعلى يحدث خلخلة للضغط داخل الاسطوانة وبذلك يتحرك صمام المص إلى أعلى وينفذ بعض الماء من البئر إلى أنبوبة المص إلى الاسطوانة إذ يتعرض الماء فى البئر للضغط الجوى. وعندما يتحرك المكبس إلى أسفل يقفل من صمام المص أتوماتيكيا بفعل وزنه — بينما يتسرب الماء الموجود فى الاسطوانة من صمام الكباس إلى خارج الطلمبة — ويلاحظ

أن الماء لا يخرج من الطلمبة باستمرار بل يخرج متقطعاً كلما ارتفع الكباس إلى أعلى . كما يلاحظ أن هذه الطلمبات لا توضع على سطح الأرض إلا إذا كانت المياه الجوفية على عمق لا يزيد عن سبعة أمتار والا انزلت الاسطوانة فى داخل البئر كما ذكر سابقاً .

(ب) المضخات الماصة الكابسة : (شكل ٤ – ٣٠) .

حيث أن المضخات الماصة مفتوحة فى أعلى الاسطوانة فأنها لا ترفع الماء إلى منسوب عال (أعلى من فوهتها) ولذلك اقتصر استعمالها على رفع الماء من الآبار السطحية أو من خزانات مياه المطر إلى منسوب سطح الأرض أو إلى حوض غسيل فى المطابخ أو أحواض شرب للحيوانات فى العزب ولكنه إذا تطلبت الحاجة رفع المـاء إلى منسوب عال حتى يمكن توزيعها فى أنابيب المياه للمنزل فأنه يستعمل لهذا الغرض المضخة الماصة الكابسة، التى تقوم بدفع المياه إلى المنسوب المطلوب بالاضافة على عملية مصها من البئر . ولا



(شكل رقم ٤ – ٣٠)

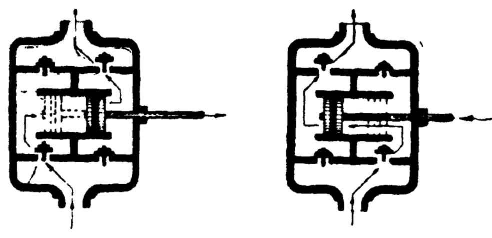
تختلف نظرية استعمالها عن االمضخة الماصة الا أنها غير مفتوحة من أعلى أى أن المحور المحرك للمكبس يمر فى ثقب يسمح بحركته بسهولة وفى نفس الوقت لا يسمح بنفاذ الماء . وتتصل الأنبوبة التى يكبس فيها الماء بأعلى الاسطوانة بواسطة صمام يفتح عندما يتحرك المكبس إلى أعلى دافعا فيها الماء الموجود بالاسطوانة .

وكما ذكرنا قبلا يكون اندفاع الماء من المضخة منقطعاً كلما ارتفع المكبس إلى أعلى ولكن فى حالة المضخة الماشية الكابسة يمكن تلافى هذا العيب ليخرج الماء منها منتظما بواسطة حيز من الهواء(C) فى أعلى اسطوانة الطلمبة (شكل ٤-٣٠) فعندما يرتفع المكبس ينفذ بعض الماء إلى حيز الهواء هذا فتضغظ الهواء الموجود فيها ويصعد بعض من الماء فى أنبوبة الكبس وعند حركة الكباس إلى أسفل يبطل اندفاع الماء إلى حيز الهواء ويأخذ الهواء المضغوط فى التمدد وبذلك يدفع جزءاً من الماء فى أنبوبة الكبس ،أى أن الماء يندفع باستمرار فى أنبوبة الكبس وبذلك يكون تصرف الماء منتظماً نوعا ما .

(ج) المضخات الماصة الكابسة المزدوجة (شكل ٤ - ٣١) :

فى هذا النوع يدخل الماء إلى ماسورة الكبس الصاعدة فى كل من الشوطين ولذلك سميت مزدوجة ويتم ذلك بواسطة أربعة صمامات اثنان للمص واثنان للكبس يتحرك بينهما المكبس إلى أعلى كما هو موضح بالشكل . وبذلك يكون التصرف من الطلمبة مستمراً غير متقطع . هذا ويمكن زيادة انتظام خروج الماء من الطلمبة باضافة اسطوانة هوائية كما سبق شرحه فى حالة المضخة الماصة الكابسة المفردة .

وتستعمل المضخات الماصة الكابسة كثيراً فى القرى والمبانى المنعزلة لسحب المياه من الآبار المحفورة أو المدقوقة على أن تدار يدوياً إذا لم يزد



(شكل رقم ٤ — ٣١)

تصرفها عن ٢٥ خمسة وعشرين لترا فى الدقيقة أما إذا زاد التصرف عن ذلك أو استعملت لسحب المياه من الآبار المنحوتة العميقة . فيحتاج الأمر عندئذ إلى قوة ميكانيكية لتشغيل الطلمبة .

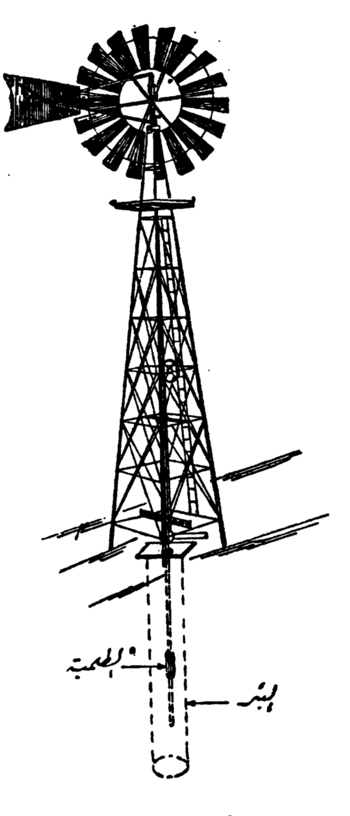
كما يستعمل أحيانا القوى الطبيعية مثل الرياح فى ادارة المراوح الهوائية (Wind mill) لتحريك الطلمبات الماصة الكابسة لرفع المياه من الآبار (شكل ٤ — ٣٢) وذلك فى الأحوال الآتية :

١ — هبوب رياح بسرعة لا تقل عن ثمانية كيلومترات فى الساعة أغلب الأوقات .

٢ — انشاء حوض يتسع لتخزين كمية من المياه كافية للاستهلاك العادى لمدة ثلاثة أيام وذلك احتياطا عند توقف الرياح مدة طويلة .

٣ — عمل وصلة ميكانيكية للطلمبة تسمح بادارتها يدويا إذا توقفت الرياح مدة طويلة .

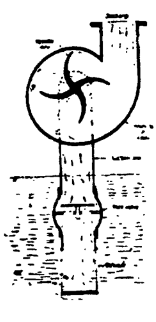
٤ — وجود المنزل المراد مده بالمياه فى منطقة خلوية متسعة دون عوائق عالية طبيعية مثل الأشجار أو رفع المروحة خمسة أمتار على الأقل أعلى من أى عائق قريب .



(شكل رقم ٤ — ٣٢)

(د) المضخات ذات القوة المركزية الطاردة (شكل ٤ — ٣٣) :

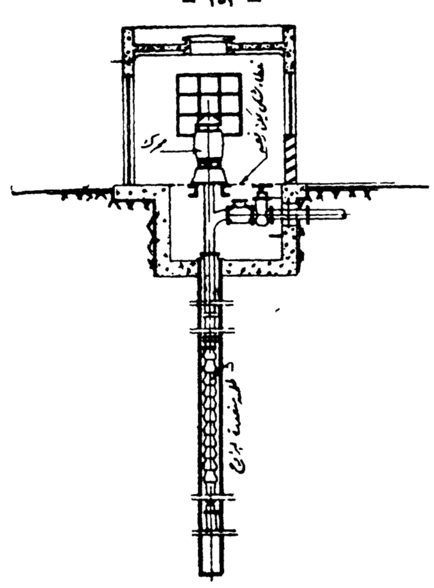
هذه الطلمبات تتكون من مروحة ذات أجنحة منحنية (Impeller) تدور بسرعة حول المحور داخل حيز دائرى مقفل (Casing) وتدخل المياه إلى هذا الحيز فى المركز فتقابل المروحة التى تدور بسرعة ينتج عنها طرد المياه إلى محيط الحيز ومن ثم إلى ماسورة المخرج .

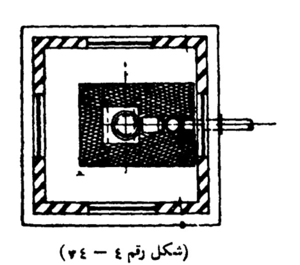


(شكل رقم ٤ — ٣٣)

وهذه الطلمبات تحتاج إلى محرك ميكانيكى أو كهربائى ويقصر استعمالها على الآبار ذات التصرف العالى نسبياً والتى تخدم قرية أو مجموعة من القرى .

وهناك نوع من الطلمبات يحتوى على أكثر من مروحة وهوما يسمى (Multi - Stage) الا أن هذا النوع لا يستعمل الا فى عمليات المياه الكبيرة التى تدفع فيها المياه إلى مسافات بعيدة أو إلى ارتفاعات عالية أو كانت المياه على أعماق كبيرة داخل البئر إذ أن كل مروحة كافية لرفع المياه من خمسة عشر متراً إلى خمسة وعشرين مترا (شكل ٤ — ٣٤) :



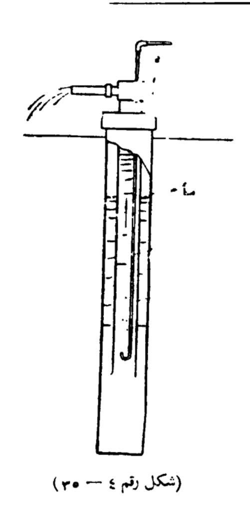


(شكل رقم ٤ — ٣٤)

وضع الطلمبة بالنسبة لمنسوب المياه فى البئر :

وكثيراً ما يفضل فى جميع أنواع المضخات أن توضع المضخة تحت سطح الماء وذلك بانزالها فى ماسورة البئر على أن تتصل بالمحرك الموجود فى منسوب أعلى من منسوب المياه الجوفية بواسطة محور دوران ذو طول كافى إلا أن زيادة طول محور الدوران قد يسبب بعض المتاعب الميكانيكية وفى هذه الحالة تنشأ بيارة عميقة صماء فوق البئر مباشرة على أن توضع المضخة فى أسفلها وتدار الطلمبة بمحرك كهربائى داخل البيارة فوق الطلمبة مباشرة . وبهذا يمكن تفادى متاعب محور الإدارة الطويل الا أن من مضار هذه الطريقة احتمال تسرب الماء الجوفى داخل البيارة مما قد يسبب بعض المتاعب فى المحرك .

(ه) مضخات الرفع بالهواء المضغوط (شكل رقم ٤ — ٣٥) :



(شكل رقم ٤ — ٣٥)

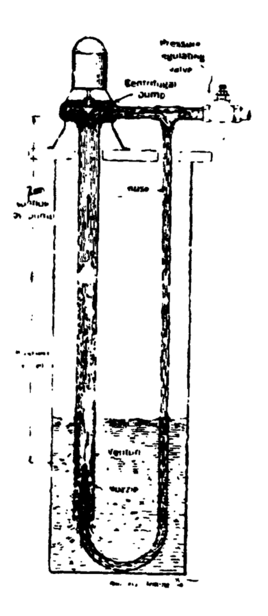
وهـــذا النوع من المضخات عبارة عن ماسورة يضغط فيها الهواء على أن تركب الماسورة داخـــل البـــئر بحيث ينحنى طرفها الأسفل إلى أعلى فى مدخل ماسورة سحب الميـــاه وذلك لتوجيه الهواء المضغوط تحت عامود المياه الموجود فى ماسورة السحب .

وعند تشغيل الهواء المضغوط يختلط الهواء اثناء صعوده إلى أعلى بالماء داخل ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع الماء نتيجة لقلة كثافة مخلوط الماء والهواء فى ماسورة السحب عنه فى البئر . . ولا تزيد جودة هذه االطلمبات عن ٥٠ ٪ وتتناقص كلما زاد عامود الرفع .

(و) مضخة الرفع بالنافورة (شكل رقم ٤ — ٣٦) :

وهى مضخة طاردة مركزية عادية إلا أن ماسورة السحب تحتوى فى أسفلها على مضيق يشبه الفنتورى كما يتفرع من ماسورة الطرد ماسورة صغيرة تتجه إلى أسفل لتنتهى بفتحة مسلوبة (tapered nozzle) تخرج منها المياه مندفعة فى مضيق الفنتورى الموجود فى أسفل ماسورة السحب — وعند بدء تشغيل الطلمبة تمر المياه من مصدر خارجى فى الفرع من ماسورة الطرد المتجه إلى أسفل وباندفاع المياه فى مضيق الفنتورى تتوالد خلخلة للضغط فى ماسورة السحب مما يسبب ارتفاع المياه فى داخلها وهكذا حتى تمتلىء ماسورة السحب بالمياه من البئر وتختلط مياه البئر بالمياه الأخرى ومن ثم تبتدىء المياه فى الخروج من ماسورة الطرد . عندئذ يوقف امداد المياه إلى الطلمبة من المصدر الخارجى وبدوران الطلمبة يستمر سير الماء فى ماسورة الطرد ليتفرع جزء منه ويتجه إلى أسفل ليعود إلى مضيق الفنتورى مسبباً استمرار خلخلة للضغط فيها لترتفع المياه فى ماسورة السحب إلى الطلمبة إلى ماسورة الطرد .

ويمتاز هذا النوع من الطلمبات بقلة تكاليف التشغيل وسهولة الصيانة نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة تحت سطح الماء وتصل جودته إلى ٧٥ —



(شكل رقم ٤ — ٣٦)

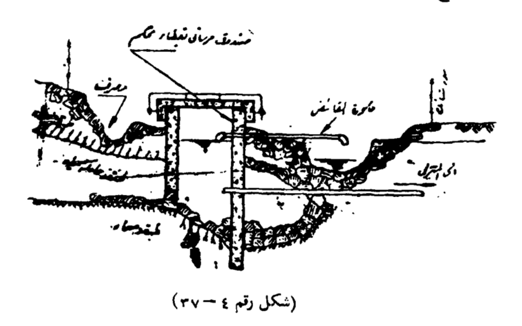
٨٠ ٪ — كما يتميز بامكان وضع الطلمبة على منسوب يرتفع عن سطح الماء فى البئر أكثر من سبعة مترات ، إذ أن خلخلة الضغط فى ماسورة السحب عند الفنتورى تسبب ارتفاع الماء فى ماسورة السحب إلى منسوب لا يبعد عن الطلمبة أكثر من سبعة أمتار ، ومن ثم يمكن للطلمبة رفع المياه .

الينابيع أو العيـون :

تنشأ الينابيع عندما تتقابل الطبقة المسامية الحاملة للمياه الجوفية مع سطح الأرض (شكل رقم ٤ — ١١) أو عندما تقابل هذه الطبقة شقاً رأسياً مؤدياً إلى سطح الأرض (شكل رقم ٤ — ١١) وتكون المياه بها تحت ضغط كاف لرفع الماء فى هذا الشق إلى سطح الأرض . والنوع الأول هو ما يسمى بالينابيع السطحية والثانى بالينابيع العميقة ولا تختلف مياه الينابيع كثيراً عن مياه الآبار وينطبق عليها ما سبق ذكره من مواصفات .

وقاية الينابيع من التلوث :

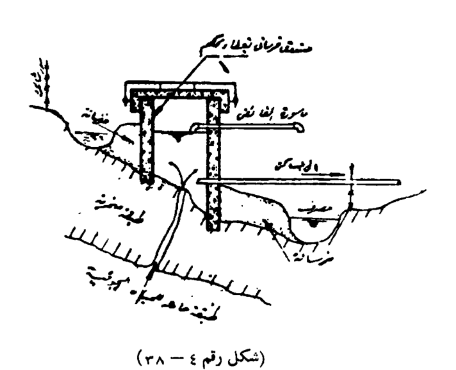
والينابيع السطحية عرضة للتلوث عند الفوهة ولذا يجب العناية بوقايتها من خطر التلوث بتنظيم جمع الماء حول الفوهة . ولوقاية الينابيع السطحية يبنى صندوق خرسانى بدون قاع فوق مخرج الماء على أن يحاط هذا الصندوق بمجرى صغير لصرف المياه السطحية دون أن تصل إلى العين وبسور من السلك الشائك لمنع استعمال المنطقة استعمالا قد يسبب تلوثها (شكل رقم ٤ — ٣٧) .



(شكل رقم ٤ — ٣٧)

أما الينابيع العميقة فيكتفى ببناء هذا الصندوق مع التأكد من عدم سماحه للمياه السطحية بالتسرب إلى الداخل (شكل ٤ — ٣٨) .

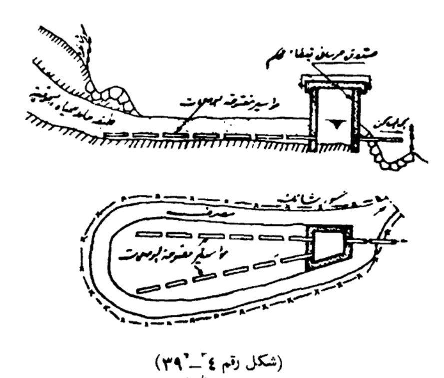
أما إذا وصلت مياه الينبوع إلى سطح الأرض فى مساحة واسعة لا يمكن احاطتها بصندوق . فينشأ خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات . تؤدى هذه المواسير إلى الصندوق الذى تجمع فيه المياه على أن تحاط هذه المواسير بالزلط حتى يمكن تجميع أكبر كمية من الماء وتحاط المساحة كلها بسور شائك حتى لا تستعمل هذه المساحة استعمالا قد يكون مصدراً للتلوث كما تحاط



(شكل رقم ٤ — ٣٨)

بمصرف لصرف أى مياه سطحية تجد طريقها إلى هذه المساحة (شكل ٤—٣٩)

ويلاحظ أن صندوق جمع المياه من الينبوع فى أى حالة تخرج منه ماسورتان واحدة للمنزل والأخرى للفائض لصرف المياه الزائدة عن الحاجة إلى المصرف .



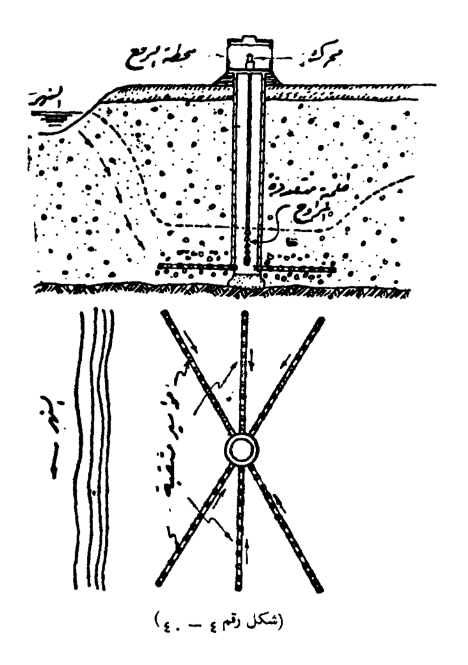
(شكل رقم ٤ — ٣٩)

الآبار ذات الأقطار الكبيرة (شكل ٤ — ٤٠) :

وهى التى يتراوح قطرها بين ٤ و ٦ متر ويتم انشاؤها بنفس طريقة التغويص المذكورة فى حفر الآبار المحفورة (dug well) .

الا أنه فى هذه الحالة يمتد من داخل البئر مدادات أفقية قد يصل عددها إلى اثنى عشر وقطر كل منها من ٣ إلى ٤ بوصة وبطول حوالى خمسين متراً وينتهى كل مداد بماسورة مثقبة (راجع الآبار المدقوقة) . وفى هذه الحالة يكون قاع البئر أصم وكذلك حوائطه أما المصدر الرئيسى لدخول المياه من الأرض إلى البئر فهى المواسير المثقبة الموجودة فى نهاية المدادات . وتسمى هذا النوع من الآبار الأفقية . وهى معروفة فى أمريكا باسم (Ranney well)

كما قد يستعاض عن مواسير المدادات ببناء أنفاق مغطاه متفرعة من البئر على أن تكون بعرض حوالى نصف متر وارتفاع حوالى متر — ومادة بناء هذه الانفاق الطوب أو الدبش بدون مونة .



(شكل رقم ٤ — ٤٠)

الباب الخامس

اعمال امداد المدن بالمياه السطحية

(Surface water supply works)

سبق أن ذكر أن مياه الأمطار والمياه الجوفية تكون عادة قليلة الكمية بالنسبة للمياه السطحية مما يجعل الاعتماد عليها كمصدر لمياه المدن غير ممكن ولهذا فهى تستعمل عادة كمصدر للمياه اللازمة للمدن الصغيرة وللقرى والعزب والمبانى المنعزلة — ولذلك تلجأ البلاد الكبيرة إلى المياه السطحية — وهى الأنهار وفروعها والترع والبحيرات العذبة . لاستعمالها مصدراً للمياه نظراً لتوافر كمياتها بالنسبة للمياه الجوفية بالرغم من تلوثها ، الأمر الذى يوجب تنقيتها قبل استعمالها .

واهم مصادر التلوث فى المياه السطحية :

١ — صرف المخلفات السائلة فى بعض المدن إلى الأنهار والبحيرات دون تنقية أو بعد تنقية ابتدائية لا تحد من الأضرار التى قد تنتج من تلوث المجرى المائى .

٢ — مياه الأمطار بعد أن تصل إلى الأرض وهى فى طريقها إلى الأنهار تجرف أمامها فضلات النباتات والحيوانات والأتربة إلى مجرى النهر مما يسبب تلوث ماء النهر .

٣ — صرف مخلفات المصانع بما قد تحويه من أحماض وسموم وكيماويات عضوية وغير عضوية فى المسطح المائى دون رقابة تحد من الأضرار الناتجة عن ذلك .

٤ — غسيل الملابس والاستحمام فى مياه الترع والأنهار .

٥ — القاء الحيوانات الميتة فى مجارى الأنهار وكذلك الترع والبحيرات .

٦ — القاء مخلفات المراكب والسفن فى الأنهار والترع التى تسير فيها كما أن توقف السفن بجوار الكبارى انتظارا لمواعيد فتحها يزيد من تركيز المخلفات بالقرب من المدن نظراً لوجود معظم الكبارى بجوار المدن .

ويظهر أثر ذلك واضحاً فى ترعة المحمودية التى تخترق الاسكندرية كقناة ملاحية هامة ، مما اضطر السلطات المسئولة إلى انشاء ترعة خاصة بمياه الشرب تتفرع من ترعة المحمودية عند عزبة خورشيد قبل الكبارى العديدة المقامة عليها فى داخل حدود مدينة الاسكندرية وذلك لتفادى التلوث الناتج من حركة الملاحة المركزة فى ترعة المحمودية داخل نطاق مدينة الاسكندرية .

٧ — القاء مخلفات العوامات التى ترسو على جوانب الأنهار فى الماء مباشرة .

٨ — مياه الرشح التى تصل إلى الأنهار من المياه الجوفية بعد أن تكون هذه قد مرت على طبقات الأرض الملحية .

واعمال امداد المدن بالمياه يمكن تقسيمها الى ثلاثة اجزاء رئيسية :

(ا) أعمال تجميع الميـاه (Collection Work) :

والغرض منها سحب المياه من مصدر الماء ورفعها إلى أعمال التنقية — وهذه تشمل :

١ — المأخذ على النهر أو البحيرة (Intake)

٢ — سحارة المأخذ (Intake Conduit)

٣ — محطات طلمبات الرفع الواطى (Low Lift Pumps)

(ب) أعمال تنقية المياه (Water Purification Works) والغرض منها :

١ — تحسين الصفات الطبيعية للماء بازالة العكارة واللون والطعم والرائحة وبهذا تصير مستساغة (Palatable) .

٢ — قتل البكتيريا خصوصاً الضارة لجعل المياه صالحة للاستعمال من الناحية الصحية .

٣ — إزالة بعض المركبات الكيماوية التى قد تتعارض مع استعمالات المياه وتتوقف طريقة التنقية المختارة على الصفات الأصلية للمياه وما فيها من شوائب — والاستعمال المتوقع للماء وتشمل أعمال التنقية :

١ — التخزين لمدة طويلة — Prolonged Storage

٢ — الترسيب الطبيعى — Plain Sedimentation

٣ — الترشيح الرملى البطىء — Slow Sand Filtration

٤ — الترسيب مع استعمال الكيماويات — Chemical Precipitation

وهذا يشمل ثلاثة خطوات رئيسية : المزج السريع ، المزج البطىء ، ثم الترسيب .

٥ — الترشيح الرملى السريع . — Rapid Sand Eiltration

٦ — التطهير — Water Disinfection

٧ — ازالة عسر الماء — Water Softeining

٨ — ازالة الحديد والمنجنيز — Iron & Manganese Removal

٩ — تهوية المياه لازالة الغازات — Aeration

١٠— ازالة الأملاح المسببة للطعم — Desalination

ومحطات تنقية المياه للمدن عادة تحوى عدداً محدوداً من هذه العمليات لتؤدى الغرض المطلوب من تنقية المياه وجعلها مطابقة للمواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المياه المستعملة للشرب والأغراض المنزلية الأخرى (والمذكورة فى آخر هذا الباب) إلا أنه يمكن تقسيم محطات تنقية المياه إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

(١) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملى البطىء :

Solw Sand Filtration Plant

وهى تشمل : الترسيب الطبيعى ثم الترشيح البطىء ثم التعقيم .

(٢) محطات تنقية المياه بالترشيح الرملى السريع :

Rapid Sand Filtratien Plant

وهى تشمل الترسيب باستعمال الكيماويات المروبة . ثم الترشيح الرملى السريع ثم التعقيم .

(٣) يضاف إلى ذلك محطات لأغراض خاصة مثل ازالة عسر الماء أو ازالة أملاح الحديد والمنجنيز أو ازالة ملوحة المياه .

(٤) أعمال توزيع المياه المرشحة : (Water Distribution Works)

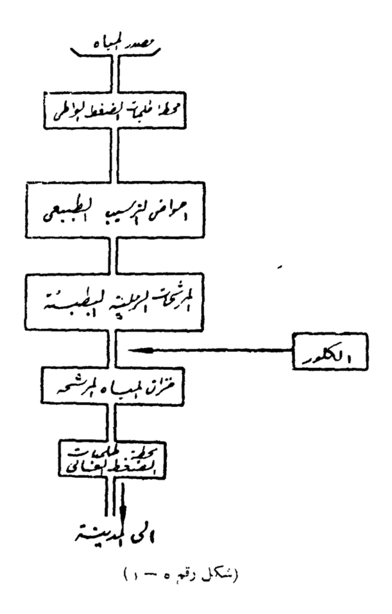
وهذه تشمل :

١ – محطات الرفع العالى (High Lift Pumps) والغرض منها هو رفع المياه من خزان المياه المرشحة ودفعه فى شبكات التوزيع فى المدينة بقوة كافية حتى لا يقل الضغط فى أقصى المدينة عن ٢٥ متر ماء .

٢ – شبكات التوزيع (Pipe net Works) وهى مواسير المياه المختلفة الأقطار والمنتشرة لتوزيع المياه فى جميع أنحاء المدينة .

٣ – الخزانات العالية (Elevated Tanks) والغرض منها تخزين كميات من المياه على منسوب مرتفع لمواجهة احتمال حدوث خلل أو عطل غير متوقع فى وحدات التنقية أو الرفع – وكذلك سد احتياجات زيادة معدل استهلاك المياه عن معدل ضغط الطلمبات للمياه فى شبكة المواسير – وكذلك الحد من تغير الضغط فى المناطق البعيدة من المدينة .

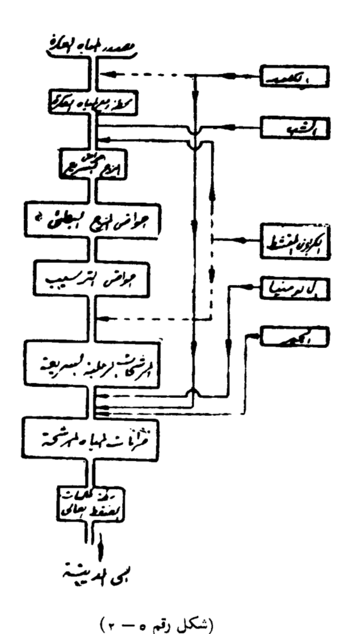
والأشكال رقم (٥ – ١ ، ٥ – ٢) ، يبين خطوات سير المياه فى



(شكل رقم ٥ — ١)

عمليات امداد المدن بالمياه النقية من مصادر المياه السطحية .

والمياه السطحية تتميز بكثرة ما فيها من طحالب — وهى أنواع من النباتات الدقيقة السريعة التكاثر بالانقسام فى المياه السطحية نظراً لتعرضها الدائم للضوء والهواء بمسطحات واسعة . وفى مصر لم تكن هذه المشكلة قبل انشاء السد العالى ظاهرة ومتعبة بشكل واضح كما هو حادث الآن حيث انها كانت قبل انشاء السد مشكلة موسمية محدودة فى أشهر ما قبل الفيضان .



(شكل رقم ٥ — ٢)

أما الآن فقد أدى انشاء السد العالى وما استتبعه من حجز كميات هائلة من المياه فى بحيرة ناصر إلى ظاهرة تتابع مواسم الطحالب بشكل أسرع مما كان عليه فى الماضى . فى شكل مواجات متتالية من النمو الطحلبى كل أسبوعين أو ثلاثة أسابيع تقريباً نتيجة لتوفر الظروف البيئة المساعدة له نتيجة لترسيب الطمى فى بحيرة السد العالى وبالتبعية وزيادة لنفاذية الضوء فى الماء وكذلك

توافر العوامل الغذائية والمناخية المناسبة لتكاثر الطحالب .

ومن اهم المتاعب التى تلتج عن وجود الطحالب فى مصادر امداد المياه ما يأتى :

١ - ظهور طعم ورائحة ولون بمياه الشرب .

٢ - تقليل كفاءة المرشحات بتقصير فترات تشغيلها والحاجة إلى غسيلها على فترات متقاربة جداً تصل إلى مرتين وثلاثة أو أكثر فى اليوم الواحد وبالتالى فقد كمية كبيرة من المياه المرشحة المستخدمة فى الغسيل علاوة على نقص كمية المياه المعالجة نفسها .

٣ - نمو الطحالب وأحياء أخرى غير مرغوبة تعتمد على وجود الطحالب أصلا فى توطيد مقامها داخل المواسير وشبكات التوزيع ووسائل نقل المياه بشكل عام .

٤ - صعوبة استعمالها فى الصناعة نتيجة لتدخل الطحالب فى الاستعمالات الصناعية للمياه بتغيرها لنوعية المياه من افراز للهلام وتبديلها للاسس الأيدروجينى وانتاجها للغازات الزائبة وزيادة ما تحتويه من المادة العضوية .

٥ - تساعد الطحالب بطريقة غير مباشرة على سرعة تآكل المواسير المعدنية والخزانات وابراج التبريد ... الخ .

وتعتبر البيئة الطبيعية فى مصر مناسبة جداً من حيث توافر العوامل التى تؤدى إلى زيادة نمو الطحالب وتكاثرها والتى من أهمها : توافر ضوء الشمس على مدار السنة - درجة حرارة مناسبة ووجود الغذاء المناسبة بمياه النيل التى تحتوى على كميات كافية من الأملاح المعدنية الذائبة والمواد العضوية المحفزة على نمو الطحالب .

ومن أهم الطحالب التى تتكاثر فى مصر مسببة المتاعب السابق ذكرها : الدياتومات - الطحالب الزرقاء - الطحالب الخضراء - الطحالب الصفراء والسوطيات وتمثل كل مجموعة من المجموعات السابقة بعدة أجناس تختلف كمياتها النسبية باختلاف الأشهر كما تختلف بعض الشىء باختلاف مكان أخذ العينات .

وفى ترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية تتراوح متوسطات مجموع اعداد النباتات الطحلبية بين ٥٠٠ ألف خلية و ٢ مليون خلية فى اللتر . وتمثل رتبة الدياتومات وحدها فى معظم الأوقات وعند مختلف نقط الرصد على امتداد ترعة مياه الشرب ، نصف مجموع الفلورا الطحلبية تقريبا . ويحتل الدياتوم الخيطى (ميلوزيرا Melosira) مكان الصدارة بين مجموعة الدياتومات التى تسود ترعة مياه الشرب .

كما تشكل الدياتومات الأخرى فى مجموعها أهمية لا تقل عن الميلوزيرا . وان كانت كأنواع منفردة تقل عدديا عن ميلوزيرا فى أغلب الأحيان . وتلى الدياتومات من ناحية الكثرة العددية مجموعة الطحالب الزرقاء . وتحتل الطحالب الخضراء من ناحية أهميتها العددية بترعة مياه الشرب لمدينة الاسكندرية المرتبة الثالثة بعد الدياتومات والزرقاوات .

ونظراً للمتاعب التى تسببها تواجد الطحالب بكثرة فى مصدر المياه (والسابق ذكرها) فأنه فى أغلب الأوقات يفضل دائماً العمل على ابادة وازالة هذه الطحالب من الماء قبل أن تصل إلى عمليات التنقية - أو فى أحواض أو خزانات خاصة وذلك تخفيفاً للعبء على عمليات التنقية ومنعاً للمتاعب فى تشغيلها .

واهم الطرق المتبعة للحد من تكاثر هذه الطحالب فى المسطحات المائية :

(ا) الرقابة على انشاء وتشغيل خزانات المياه :

١ - عدم السماح بتواجد أماكن قليلة العمق أو راكدة المياة على جوانب الخزانات .

٢ - عدم تخزين المياه التى قد تحتوى على مواد عضوية فى خزانات مكشوفة إذ أن تواجد المواد العضوية وضوء الشمس يساعدان على تكاثر هذه الطحالب .

٣ - تنظيف الخزانات المكشوفة دورياً مع تغيير المياه على فترات .

٤ - رش ذرات الكربون المنشط على سطح المياه حتى ينتج عن ذلك درجة من العكارة تحد من انتشار الضوء فى جسم الماء مما يحد من تكاثر الطحالب . ولقد أمكن الحصول على نتائج طيبة برش الكربون المنشط بمعدل عشرة جرام لكل متر مربع من سطح الخزان .

(ب) استعمال الكيماويات :

١ - استعمال كبريتات النحاس بالمعدلات الآتية :

١,٠ جزء فى المليون لاعاقة نمو الطحالب فى المسطح المائى .

١ - ٢ جزء فى المليون لابادة الطحالب الموجودة .

ولقد وجد أن هذه النسب لا تؤثر على الثروة السمكية كمالا تؤثر على صحة الانسان وتضاف كبريتات النحاس الى المسطحات والمجارى المائية باحد الوسائل الآتية :

- ربط كيس مسامى مملوء بكبريتات النحاس فى مؤخرة قارب والتجول بالقارب فى المسطح المائى .

- رش محلول مركز من كبريتات النحاس على سطح الماء .

— رش بودرة كبريتات النحاس على سطح الماء .

٢ — استعمال غاز الكلور كبيد للطحالب :

وهذه الطريقة لا تستعمل كثيراً نظراً للنتائج المحسنة التى يحصل عليها باستعمال كبريت النحاس مع سهولة استعمالها — يضاف إلى ذلك صعوبة تغذية أحجام كبيرة من الماء بغاز الكلور — ولاحتمال توالد روائح عند استعمال غاز الكلور

ولقد نجحت تجارب باستعمال (Guprichloramine) وهو مركب من الأمونيا والكلور وكبريتات النحاس فى ابادة الطحالب من المسطحات المائية .

كما تبدو أهمية أبداه هذه الطحالب من المسطحات المائية نظراً لما تسببه من روائح فى المياه . وهذه الروائح تختلف تبعاً لكمية ونوع هذه الطحالب كما يتبين من الجدول (٥ — ١) الذى يبين تركيز كبريتات النحاس أو الكلور اللازم لابادة كل فرع من أنواع هذه الطحالب .

جدول رقم (٥ — ١)

الطحلب		الرائحة	كبريتات النحاس مجم / لتر	كلور مجم/لتر
ياموقات	ميلوسيرا	ترابيـة	٠,٢	٢
	نافيكيولا	Earthy	٠,٧	
	سيندرا		٣, — ٥,	٠,٥ —> ١,٠٠
خصرواوات	بودورابنا	رائحة سمكية	٤ —> ١٠	
	باندورينا	Fishy	٠,٢٥	٠,٣ —> ١,٠٠
	فولفوكس			
زرقاوات	أوبينـا	عشبية وفطرية	٠,١٢	٠,٥ —> ١,٠٠
	أوسيادتوريا	Moldy grassy	٠,٢ —> ٠,٥	١,٠٠
	ميكروسستس			
سوطبات	بريدينيم	رائحة قواقع بحرية	٠,٥ —> ٢,٠	
	كريبتوماناس	Clam Shells		

المعـــايير

الواجب توافرها فى مياه الشرب والاستعمال المنزلى

أولا : الخواص الطبيعية :

اللون : ١٠ وحدات بقياس الكوبلت ٤٠ وحدة بقيـــاس الكوبلت البلاتينى

العكارة: ٥ وحدات (جزء فى المليون) ٢٥ وحدة (جزء فى المليون).

الطعم : مقبـــول

الرائحة : مقبولـــة

ثانياً : الخواص الكيماوية :

١ - المواد السامـة :

يجب أن تكون المياه خالية من المواد السامة كما يجب ألا تزيد نسبة المواد المذكورة بعد - ان وجدت - عن الحد المقرر قرين كل منها :

المـــادة	الحد الأقصى
الرصاص	٠,١٠٠ ملليجرام فى اللتر
الزرنيـخ.	٠,٠٠ ملليجرام فى اللتر
الكروم (سداسى التكافؤ) . .	٠,٠٥ ملليجرام فى اللتر
السلينيــوم	٠,٠٥ ملليجرام فى اللتر
السيانيــد	٠,٠١ ملليجزام فى اللتر

٢ — المواد الكيماوية التي لها تأثير خاص على الصحة :

الفلوريدات مقدرة على أساس (فل)	١,٥	ملليجرام فى اللتر
النترات مقدرة على أساس (ن)	١٠,٠	ملليجرام فى اللتر

٣ — المواد الكيماوية التي تؤثر على استساغة المياه للشرب والاستعمال المنزلي :

المــــادة	المسموح به	الحد الأقصى	
مجموع الأملاح . . .	١,٠٠٠	١٢٠٠	ملليجرام فى اللتر
الحديد	٠,٣	١,٠٠	ملليجرام فى اللتر
المنجنيز	٠,٣	١,٠٠	ملليجرام فى اللتر
(بشرط ألا تزيد نسبة الحديد والمنجنيز معا عن ١,٥)			
النحاس	١,٠٠	١,٥	ملليجرام فى اللتر
الزنك.	٥,٠٠	١٥,٠٠	ملليجرام فى اللتر
المغنسيوم.	١٠٠,٠٠	١٥٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكالسيوم	١٥٠,٠٠	٢٥٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكبريتات (كب أ٤) .	٢٥٠,٠٠	٥٠٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الكلوريدات (كل) .	٣٠٠,٠٠	٦٠٠,٠٠	ملليجرام فى اللتر
الفينول	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	ملليجرام فى اللتر
الأس الأيدروجيني . .	٧,٠٠—٨,٨	٦,٥—٧ ، ٨,٥—٩	

ثالثاً : المواد المشعة :

المــــادة	الحد الأقصى
المشعات من فصيلة (الفا)	١٠— ٩ ميكروكيو فى المليلتر
المشعات من فصيلة (بيتا)	١٠— ٨ ميكروكيو ى فى المليلتر

رابعاً : المعايير البكتريولوجيـة :

١ — المياه المعالجة بالمطهرات : يجب ألايزيد العدد الاجمالى للمجموعة القولونية عن واحد فى ١٠٠ ملليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .

٢ — المياه الجوفية غير المعالجة : يجب ألا يزيد العدد الاحتمالى للمجموعة القولونية عن ١٠ فى ١٠٠ ملليلتر (مع ذكر حدود الثقة) .

خامساً : يجب فى جميع الأحوال التى تزيد فيها النسبة عن الحد الأقصى فى هذه المعايير أن تعرض على المختصين للنظر فيها قبل التصريح باستعمال المياه .

الباب السادس

اعمال تجميع المياه السطحية

(Collection Works)

وهذه كما ذكر سابقاً تشمل :

١ - المآخذ Intake
٢ - سحارة المأخذ (Intake Conduit)
٣ - محطة طلمبات الرفع الواطى Low Lift Pump

المآخذ Intake

وهى الأعمال الانشائية التى تقام على جانب مصدر المياه سواء الأنهار أو الترع او البحيرات ليؤخذ منها الماء بطريقة سليمة ومنها يسير فى سحارة المأخذ حتى بئر محطة طلمبات الرفع الواطى.

وهناك أنواع مختلفة للمآخذ إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على العوامل الآتية :

١ - مصدر المياه المستعمل (النهر أو البحيرة أو الترعة).
٢ - التغير فى منسوب المياه.
٣ - عمق المياه وطبيعة قاع المصدر المائى .
٤ - احتياجات الملاحة .
٥ - تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ.
٦ - احتمالات تلوث المصدر المائى .

على انه يجب فى اى من الأحوال مراعاة الشروط الآتية فى جميع انواع المآخذ :

١ - أن يكون سعته كافية لامداد المدنية بالماء اللازمة لمدة طويلة مستقبلا
٢ - أن يكون موقع المأخذ فوق التيار (Upstream) بالنسبة لمدينة أو أى مصدر للتلوث.

٣ — أن يكون موقع المأخذ بعيداً عن المدينة مسافة تسمح بامتداد المدينة في المستقبل .

٤ - وقاية موقع المأخذ من أي تلوث مباشر وذلك بمنع ارتياد أو استعمال الأهالي لمنطقة تمتد على جانبي الموقع ، تصل إلى ٥٠٠ متر فوق التيار ، ١٥٠ متر تحت التيار بالنسبة للمأخذ ، ويكون ذلك بعمل سور من السلك الشائك حول هذه المنطقة وكذلك وضع اللافتات الضرورية .

أنواع المآخذ :

١ — مأخذ ماسورة (Pipe Intake) :

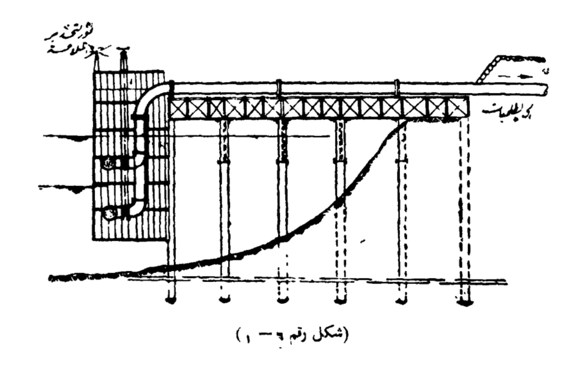
وهو ماسورة تمتد داخل مصدر الماء مسافة كافية بعيداً عن الشاطىء . لتفادي التلوث المحتمل بجواره على ألا يكون في هذا الامتداد إعاقة للملاحة وعلى أن تحمل الماسورة — داخل مصدر الماء على كوبري (trestle) وتزود بالمحابس اللازمة للتحكم في سير الماء (شكل رقم ٦ — ١) وهذا النوع من المآخذ عادة ما يستعمل في الأنهار الكبيرة .

٢ — مأخذ على الشواطىء (Shore Intake) :

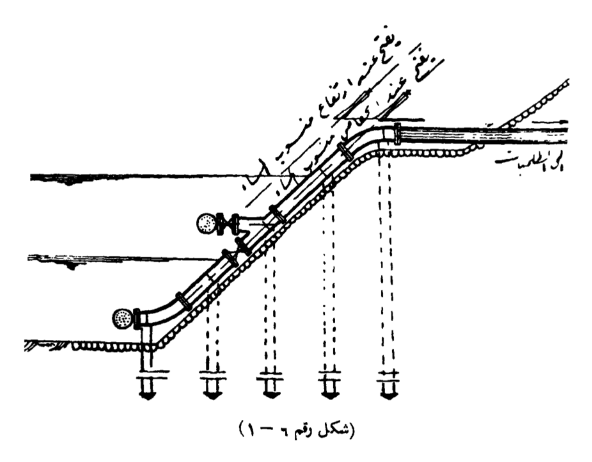
ويتكون من حائط ساند وجناحين على شاطىء المصدر المائي — لوقاية الماسورة التي تسحب المياه (شكل ٦ — ٣ ج) — ويستعمل هذا المأخذ في الترع الملاحية والغير ملاحية على السواء كما يستعمل في الأنهار الصغيرة إذ أنه لا يعوق الملاحة .

٣ — مأخذ عميق (Submerged Intake) .

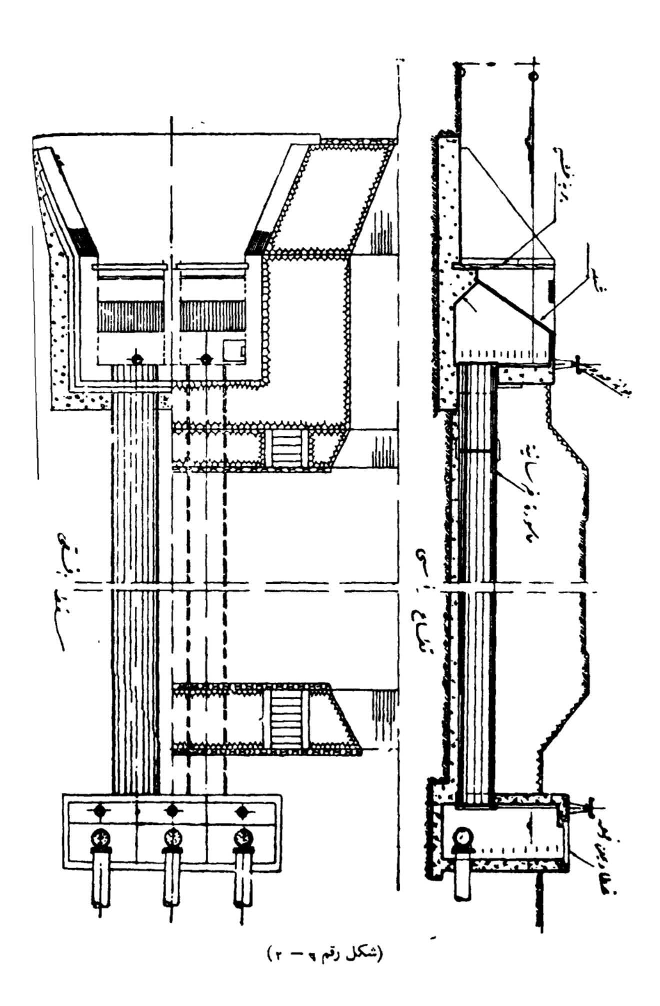
وهو ماسورة مثبتة في قاع المجرى المائي بواسطة كمرات خرسانية أو خشبية أو في برج صغير ، يستعمل هذا المأخذ في الأنهار الضيقة الملاحية وعند



(شكل رقم ٦ — ١)



(شكل رقم ٦ — ١)



(شكل رقم ٩ — ٢)

احتمال تلوث الشواطىء بالمواد الطافية من العوامات والسفن الراسية على الجانبين (شكل ٦ — ٣).

٤ — مأخذ برج (Tower Intake) :

وهذا النوع من المآخذ يستعمل فى البحيرات العذبة المتغيرة المناسيب — ويتكون من برج يبنى داخل البحيرة على مسافة من الشاطىء قد تصل إلى عدة كيلومترات ، تدخله الماء من فتحات على مناسيب مختلفة ومنها إلى ماسورة المأخذ (شكل رقم ٦ — ٤).

٥ — مأخذ مؤقت (Emergency Intake) :

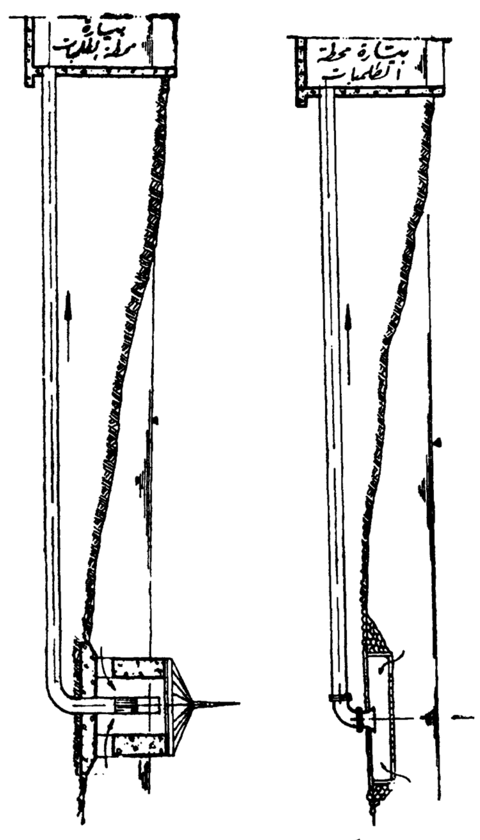
وهو يستعمل فى حالة الطوارىء أو فى المعسكرات المؤقتة التى يستدعى الأمر فيها الاعتماد على المياه السطحية كمصدر للمياه وهو عبارة عن ماسورة مرنة ممتدة على عروق خشبية تطفو على سطح الماء — هذه الماسورة المرنة متصلة بطلمبة سحب المياه مباشرة (شكل ٦ — ٥).

ولما كان مصدر المياه الرئيسى فى مصر هو النيل والترع والرياحات فان انواع المآخذ المستعملة فى مصر هى :

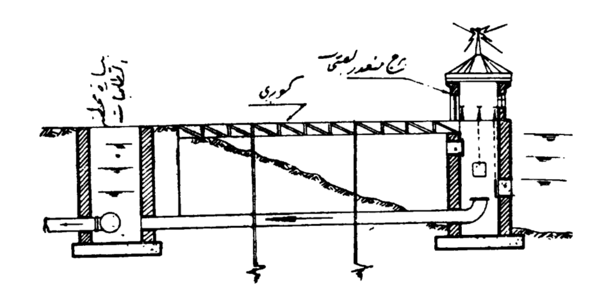
(١) المأخذ الماسورة عند استعمال النهر كمصدر للمياه — وفى هذه الحالة يجب مراعاة الشروط الآتية :

١ — عمل مواسير ذات مداخل مختلفة المناسيب مزودة بالمحابس اللازمة — حتى يمكن سحب المياه من الطبقات العليا للماء فى النهر إذ أن فى هذه الطبقات يقل تركيز المواد العالقة فى الماء — وذلك نظراً لتغير مناسيب مياه النيل على مدار السنة .

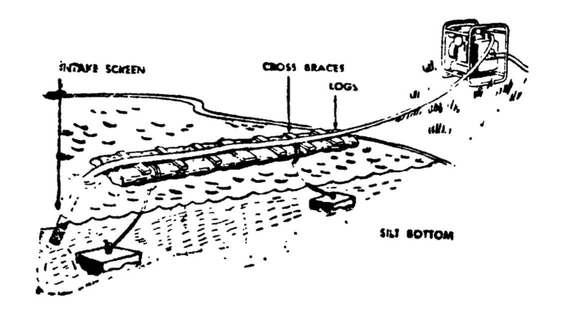
٢ — يحسن أن يكون المأخذ عبارة عن ماسورتين حتى إذا طرأ ما يوقف عمل واحدة قامت الأخرى بامداد محطة طلمبات المياه بالماء اللازم .



(شكل رقم ٦ ــ ٣)



(شكل رقم ٦ — ٤)



(شكل رقم ٦ — ٥)

٣ - يزود المأخذ بالمصافى الثابتة أو المتحركة على أن يراعى عمل سلم بجوار المواسير لنزول العمال لعمل أى اصلاحات أو صيانة للمواسير أو المصافى .

٤ - تمتد المواسير محملة على كوبرى أو خوازيق داخل النهر على أن يقام فى نهاية الكوبرى عامود يحمل نور كهربائى لتنبيه السفن والعائمات .

(ب) مأخذ الشاطىء : وذلك عند استعمال الترع كمصدر للمياه - مع مراعاة تزويد المأخذ بشبكة من القضبان الحديدية التى يسهل الوصول إليها وتنظيفها وذلك لمنع المواد الطافية من الدخول إلى ماسورة المأخذ

سحارة المأخذ

Intake Conduit

وهو الماسورة الواصلة من مبنى المأخذ على مصدر المياه حتى بيارة طلمبات الضغط الواطى وهى قد تكون من الصغر لتصـــير ماسورة من الحديد الزهر أو تكبر لتصير نفق من الخرسانة المسلحة ، وبديهى أن هذا يتوقف على التصرف اللازم - الا أنه فى جميع الحالات يجب أن تصمم بسعة كافية لامداد المدينة بالماء لمدة طويلة مستقبلا وبحيث تجرى فيها المياه بسرعة كافية لا يتسبب عنها ترسيب للمواد العالقة فى قاع الماسورة - كما لا تسير بسرعة تزيد عن تلك التى تسبب تآكلا فى جدران الماسورة كما هو مبين فى جدول (٦ - ١١) .

جـــدول رقم (٦ – ١)

السرعة القصوى فى المواسير من المواد المتخلفة

مادة الماســورة	السرعة القصورى (متر/ثانية)
الخرسانة	٣ ← ٥
الطــــوب.	٣ ← ٦
الحـديد الزهر	٤ ← ٧
الصـــلب	٤ ← ٥
الخشـــب	٤ ← ٥
الصخـــر.	٣ ← ٥

والقطاع الدائرى هو أنسب القطاعات للسحارة من الناحية الهيدروليكية إلا أن صعوبة تنفيذه فى بعض الأوقات قد تؤدى إلى أن يلجأ المصمم إلى قطاعات أخرى مثل قطاع حدوة الفرس (Horse Shoe) أو القطاع المربع أو المستطيل .

وبتحديد سرعة المياه فى السحارة يمكن حساب القطاع المطلوب .

كما أنه بتحديد سرعة المياه السحارة و بمعرفة طول السحارة يمكن تقدير الفاقد فى الاحتكاك (Friction Loss) نتيجة لسير الماء فى السحارة من المأخذ حتى بيارة سحب الطلمبات . وذلك باستعمال القوانين أحد الهيدروليكية التى تبين الفاقد فى الضغط بالاحتكاك – وأهم هذه للقوانين معـــادلة دارسى :

$$H = \frac{4 f L V^2}{2 g D} = \frac{f' L V^2}{2 g D}$$

حيث H = الفاقد فى عامود الضغط بالمتر

L = طول الماسورة بالمتر

V = سرعة المياه متر / ثانية

g = عجلة الجاذبية الأرضية

D = قطر السحارة بالمتر

f' = معامل الاحتكاك ويتوقف على نوع الماسورة وتتراوح قيمته من ٠,٠٢ – ٠,٠٤ تبعاً لنوزع الماسورة ونعومة سطحها.

كما يمكن حساب الفاقد فى المدخل (Entrance Loss) والمخرج (Exit Loss) ومجموع هذا يمثل الفرق بين منسوب الميساه فى النهر أو الترعة ومنسوب المياه فى بيارة طلمبات محطة الرفع الواطى .

وسحارات المأخذ أما من الحديد الزهر أو الصلب أو الخرسانة ويتوقف اختيار مادة انشاء السحارة على الأسعار المحلية لكل نوع ، سواء كانت هذه الأسعار للتوريد أو للتركيب أو الانشاء ، وعلى تواجد هذه الأنواع فى الأسواق وكذلك على طول مدة خدمتها للمشروع وما تحتاج إليه من صيانة طول هذه المدة .

والمواسير الخرسانية أكثر المواسير استعمالا لسحارات المأخذ الموصلة من المأخذ على الشاطىء إلى بيارة المياه العكرة التى تسحب منها محطة الضغط الواطى المياه إلى أعمال التنقية – وهى إما مسلحة أو غير مسلحة كما أنها إما مصبوبة خارج الموقع أو مصنعة فى الموقع .

واهم مزايا هذه المواسير

١ — تقاوم الضغط الخارجى .

٢ — لا تحتاج تكاليف لصيانتها .

٣ — لا تتآكل بفعل المياه الجوفية إلا إذا احتوت هذه على أحماض أو قلويات بنسب عالية .

٤ — لا تحتاج إلى وصلات تمدد .

٥ — لا تحتاج إلى خبرة عالية فى التصنيع والإنشاء فى الموقع ، كما أن الرمل والزلط يتوافران فى أماكن كثيرة وبذلك تقل تكاليف النقل نظراً لاقتصاره على الحديد والأسمنت .

الا أن لها العيوب الاتية :

١ — يتسرب منها الماء نتيجة لمسامية الخرسانة وتشققها .

٢ — لا تتحمل الضغط الداخلى العالى .

٣ — صعوبة الاصلاح إذا احتاج الأمر لذلك .

٤ — ثقيلة الوزن مما يضطرنا لتصنيعها بأطوال قصيرة ليسهل نقلها وتقليل احتمالات كسرها .

طلمبات الضغط الواطى

Low Lift Pumps

يفضل أن نختار موقع محطة الطلمبات هذه أقرب ما يكون إلى المأخذ على أن يتوفر فيها الشروط الآتية :

١ — أن يكون حجم المبنى بالاتساع الكافى ليستوعب عدد الطلمبات التى تخدم المدينة فى المستقبل . بالرغم من عدم تركيبها حالياً . نظراً لعدم الحاجة اليها مؤقتاً .

٢ – أن يكون المنظر الخارجي للمبنى جميلا من الناحية الفنية والهندسية مما يزيد فى ثقة الجمهور فى عمليات المياه فى مدينته .

٣ – أن يكون تخطيط المواسير داخل المبنى وكذلك الكابلات الكهربائية مما يسهل صيانتها وتشغيلها .

ومحطة طلمبات الضغط الواطى تقوم برفع المياه من بئر المياه العكرة الملحق بمحطة الطلمبات حتى منسوب المياه فى عمليات التنقية – وهذا لا يزيد عادة عن عشرة مترات ولذلك سميت هذه المحطات بمحطات الرفع الواطى لتمييزها عن محطات الرفع العالى التى توجد فى أول شبكة التوزيع وتضغط المياه بحيث يكون الضغط فى شبكة المياه يساوى ٢٥ متر ماء فى أقصى نقطة فى المدينة .

التصرف التصميمى لمحطات الطلمبات :

يتوقف التصرف الذى يصمم عليه محطة طلمبات الرفع الواطى على العوامل الآتية :

١ – عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .

٢ – متوسط الاستهلاك السنوى (لتر/شخص/يوم) .

٣ – التغيرات التى تحدث فى هذا المتوسط .

٤ – سعة خزانات المياه المرشحة .

٥ – ساعات تشغيل محطة الطلمبات ، نظراً لأنه فى بعض الأحوال يكتفى بتشغيل المحطة ساعات معينة من النهار بدلا من تشغيلها لمدة ٢٤ ساعة يومياً .

فكلما قلت سعة خزانات المياه المرشحة وجب زيادة التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات ليقابل التغير فى معدل التصرف – ويبلغ التصرف

التصميمى أقصاه عند عدم وجود خزانات للمياه المرشحة (وهو نادراً ما يحدث) وفى هذه الحالة يكون التصرف التصميمى يساوى أقصى تصرف للمدينة (Peak Domand Load) الا أنه يفضل غالباً أن يؤخذ التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات هذه مساوياً للتصرف اليومى أثناء فترة للصيف على أن يؤخذ فى الاعتبار اضافة وحدات رفع احتياطية (Standby Units) — وكثيراً ما يصل تصرف هذه الوحدات الاضافية إلى نصف تصرف الوحدات الأساسية — على أن تعمل جميعاً طول السنة بالتناوب .

وفى هذه الحالة تصمم خزانات المياه المرشحة لتقابل التغيرات اليومية وعلى مدار اليوم الواحد (من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم) .

أنواع الطلمبات المستعملة :

تستعمل فى محطات الرفع الواطى أما طلمبات ماصة كابسة (Displacement Pumps) أو طلمبات طاردة مركزية (Csntrifugal Pumps) أو الطلمبات الماصة الكبسة المزدوجة (Double Displacement Pumps) . وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع اجمالا .

الضغط الذى تعمل الطلمبات ضده :

هذا الضغط يساوى الفرق بين منسوب المياه فى بيارة المياه العكرة والمياه فى أحواض التنقية وهذا نادراً ما يزيد عن ستة أو ثمانية أمتار مضافا اليه الفاقد بسبب الاحتكاك والأسباب الأخرى أى أن :

$$H = h_s + h_f + h_m$$

حيث H = الضغط الكلى (بالمتر) = Total Head

h_s = فرق المناسيب (بالمتر) = Static Head

Friction Head = الفاقد بالاحتكاك (بالمتر) = h_f

Secondary losses = الفواقد الثانوية (بالمتر) = h_m

و بذلك تكون قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

$$P_w = \frac{W\ H}{75}$$

حيث P_w = قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

W = كتلة الماء المرفوع فى الثانية (كيلوجرام)

H = الضغط الكلى بالمتر .

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البيارة :

من المستحسن دائماً أن تكون الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة لتفادى حدوث ضغط أقل من الضغط الجوى فى ماسورة السحب إذ أن هذا الضغط الواطى قد يسبب تسرب الهواء داخل الماسورة ، أو تصاعد الغازات الذائبة فى المياه منه – مما يؤدى إلى تواجد فقاقيع من الهواء قد تتجمع فى الماسورة مسببة اضطرابا فى سير الطلمبات ونقصاً فى تصرفها .

الا أن هناك بعض الأحوال التى يتعذر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة – وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى :

١ – أن تكون ماسورة السحب مستقيمة ما أمكن .

٢ – ألا تحتوى ماسورة السحب على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات .

٣ - ألا تتجه ماسورة السحب إلى أسفل كما يجب ألا توضع أفقية بل توضع بحيث تكون حركة الماء إلى أعلى من البيارة إلى الطلمبة .

٤ - ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه فى البيارة عن قيمة « H_s » كما هى فى المعادلة الآتية :

$$H = H_s - (H_v + V_h + H_f + H_m)$$

حيث H_s = الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب المياه (عامود الرفع)

H_a = عامود الضغط الجوى بالمتر (١٠.٣٣ متر) .

H_v = عامود ضغط بخار الماء بالمتر (vapour press).

V_h = عامود ضغط سرعة المياه فى ماسورة السحب .

مقداراً بالمتر (Velocity head) .

H_f = الفاقد بالاحتكاك بالمتر (friction head) فى ماسورة السحب

H_m = الفواقد الثانوية بالمتر (Secondary losses) فى ماسورة السحب

ولهذا فأنه من الواجب الا يزيد عامود الرفع « H_s » عن ثمانية مترات بل يفضل ألا تزيد عن ستة مترات .

القوى المحركة للطلمبات :

هناك أكثر من قوة ممكن استخدامها لتحريك الطلمبات .

١ - ماكينات البخار .

٢ - التوربينات البخارية .

٣ - ماكينات الديزل .

٤ - المحركات الكهربائية .

وأكثر هذه القوى استعمالا فى الوقت الحاضر هوالمحركات الكهربائية إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لادارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيارالكهربائى من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثانى لادارة المحركات .

بل أنه زيادة فى الاحتياط — وفى بعض عمليات المياه الكبرى — تنشأ وحدة إدارة الديزل كوحدة محركة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار — كل هذا حتى نتأكد من استمرار تشغيل محطة تنقية المياه دون توقف مهما حدث من اعطال .

على أنه يمكن حساب القـوة المحركة بالحصان الميكانيكى بالمعادلة الآتية :

$$M.\ H.\ P. = \frac{Q \times H}{75 \times E_1 \times E_2}$$

حيث Q = التصرف باللتر فى الثانية .

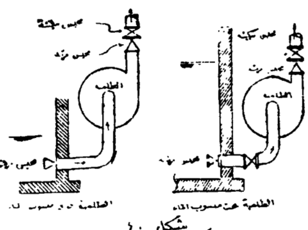
H = عامود الرفع الكلى (رفع + الفاقد فى احتكاك والانحناء والمدخل والمخرج) .

E_1 = درجة جودة الطلمبة = ٦٠٪ —> ٧٠٪

E_2 = درجة جودة المحرك = ٨٠٪ —> ٩٠٪

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات :

للتحكم فى تشغيل الطلمبات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية (شكل رقم ٦ — ٦) .



شكل ٤٠

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات

(شكل رقم ٦ ـ ٦)

١ – صمام (foot valve) ويوضع فى مدخل ماسورة السحب والغرض منه حجز المياه فى ماسورة السحب والطلمبة عند توقف الطلمبة عن العمل – وبذلك لا تحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية .

٢ – صمام حجز (Sluice valve) عند مدخل الطلمبة والغرض منه التحكم فى سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة إذا لزم الأمر لإصلاحها.

٣ – صمام مرتد (Non-return valve) : ويوضع على مخرج الطلمبة مباشرة والغرض منه منع سير المياه فى اتجاه عكسى عند توقف الطلمبة عن العمل فجأة نتيجة لتوقف التيار الكهربائى مثلا أو خلل المحرك .

٤ – صمام حجز ويوضع بعد الصمام المرتد . الغرض منه التحكم فى سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة لاصلاحها إذا احتاج الأمر – أو اصلاح الصمام المرتد .

ومن ذلك يتضح أنه إذا أريد اصلاح أى من الطلمبه أو اصمام المرتد قفل محبسى الحجز المذكورين أعلاه وبذلك لا تصل المياه إلى الطلمبة عن أى طريق .

أجهزة القياس فى محطة الطلمبات :

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لقراءة الضغط والتصرف المار فى كل طلمبة .

١ – جهاز قياس ضغط السحب (Suction gauge) .

٢ – جهاز قياس التصرف (flow meter) .

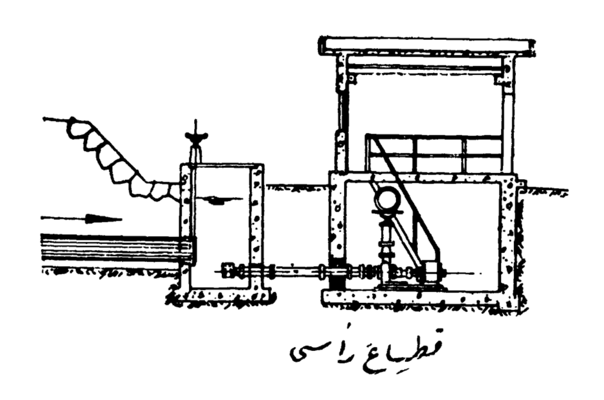
٣ – جهاز قياس ضغط الطرد (Pressure gauge) .

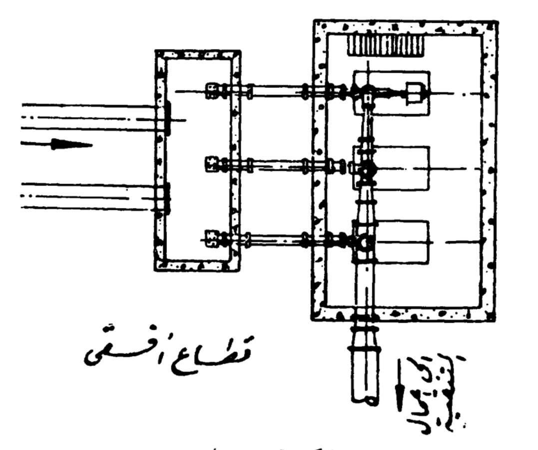
كما يجب أن يوجد بالاضافة إلى ذلك . جهاز لتسجيل ضغط الطرد والتصرف الكلى لمحطة الطلمبات . هذا الجهاز يسجل على ورق بيانى يستبدل يومياً وجميع هذه البيانات تحفظ للرجوع اليها عند الرغبة فى ذلك .

ويبين الشكل رقم ٦ – ٧ مسقط أفقى وقطاع لمحطة طلمبات الضغط الواطى .

الطريقة التقريبية لتصميم الطلمبات الطاردة المركزية :

عند الدراسة لمحطة الطلمبات فأنه يلزم معرفة كل من قطر المروحة ، قطر ماسورة الطرد . سرعة دوران المروحة . ويمكن حساب ذلك تقريباً على وجه السرعة بالمعادلة الآتية :





(شكل رقم ٦ — ٧)

(١) $$V = 8.8 \sqrt{H + K}$$

(٢) $$N = \frac{230\,V}{D} = 230\,\frac{8.8\sqrt{H + K}}{D}$$

(٣) $$D = \sqrt{\frac{Q}{4}}$$

(٤) $$D = 1.5 \rightarrow 5\,d \text{ (generally } 4\,d \text{)}$$

(٥) $$W.H.P. = 10\,Q\,H$$

حيث : V = سرعة أطراف المروحة بالقدم/ ثانية .

H = عامود الضغط الكلى للمياه بالقدم (الاحتكاك + الرفع + الفاقد فى الانحناءات والمدخل والمخرج) .

N = عدد لفات المروحة فى الدقيقة .

D = قطر مروحة الطلمبة بالبوصة .

d = قطر ماسورة الطرد بالبوصة .

Q = التصرف بالجالون فى الدقيقة .

K = معامل ثابت يتراوح ما بين ٥ ، ١٠ يؤخذ فى المتوسط يساوى ٧ .

مثـــال : المطلوب ايجاد حجم الطلمبة اللازمة لرفع ٢٥٠٠ جالون فى الدقيقة لضغط كلى ٣٥ قدم .

$$V = 8.8\sqrt{H} + K$$

$$= 8.8\sqrt{36} + 7 = 60 \text{ ft/sec}$$

$$d = \frac{Q}{4} = \frac{2500}{4} = 12.5''$$

$$D = 4\,d = 4 \times 12.5 = 50''$$

$$N = \frac{230V}{D} = \frac{230 \times 60}{50} = 275 \text{ R.P.M.}$$

الباب السابع

الترسيب الطبيعي

Plain Sedimentat on

الغرض من الترسيب الطبيعى (Plain Sedimentation) هو ازالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة فى الماء فى أحواض خاصة تمر فيها المياه فى فترة معينة وتحت ظروف تساعد على هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الأحواض وذلك دون الاستعانة بأى مساعدات كيماوية – وتسمى هذه الأحواض بأحواض الترسيب الطبيعى (Plain settling or sedimentation tank)

والترسيب الطبيعى يمكن ان يتم باحد الطرق الآتية :

(ا) ملىء وتفريغ الحوض كل فترة معينة (Fill and draw) وفى هذه الطريقة يملأ الحوض ثم تحجز فيه المياه ساكنة لمدة تتراوح من ستة إلى أربعة وعشرين ساعة أو أكثر – مما يؤدى إلى ترسيب نسبة عالية من المواد العالقة إلى القاع – وفى نهاية المدة يفرغ الحوض من الماء .

وهذه الطريقة (Fill and draw) لا تستعمل حالياً لما فيها من مضيعة للوقت أثناء عملية ملء وتفريغ الحوض ولصعوبة تشغيلها وزيادة تكاليفها الانشائية نظراً لاحتياجها إلى عدد كبير من الأحواض.

(ب) أحواض مستمرة التشغيل (Continuous flow tank) وفى هذه الطريقة يمر الماء فى حوض (مستطيل أو مربع أو دائرى) باستمرار . بسرعة صغيرة جداً مما يسمح للمواد العالقة بالرسوب إلى قاع الحوض قبل أن تصل إلى المخرج – وهى تمتاز عن سابقتها بأنها غير مضيعة للوقت وتشغيلها مستمر ولا تحتاج لعامل ماهر للاشراف عليها أثناء التشغيل .

ولا تعتبر عملية الترسيب كافية لتنقية المياه إذ أنها حلقة من سلسلة متكاملة من العمليات والغرض من هذه العملية هو تخفيف الحمل على ما يتبعها من عمليات الترشيح والتعقيم بازالة المواد العالقة الكبيرة نسبياً والتى قد تسبب سرعة انسداد المرشحات وما يتبع ذلك من توقف تشغيلها .

العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب :

١ - كثافة الميـاه :

وهذه تقل بارتفاع درجة حرارة المياه ، وكلما قلت كثافة الماء زادت سرعة كفاءة الترسيب .

٢ - لزوجـة المـاء (Viscosity) :

وهي تقل بارتفاع درجة الحرارة وكلما قلت لزوجة الماء زادت سرعة وجوده الترسيب وللسببين السابقين يلاحظ أن كفاءة الترسيب فى أشهر الصيف أكبر منها فى أشهر الشتاء .

٣ - كثافة المواد العالقة :

ومن الواضح أنه كلما زادت كثافة الحبيبات الصلبة زادت سرعة هبوط هذه الحبيبات ومن ثم زادت كفاءة الترسيب .

٤ - شكل المواد العالقة :

فكلما اقترب شكل الحبيبات العالقة من الشكل الكروى كان ترسيبها أسرع وأكفأ .

٥ - حجم المواد العالقة :

كلما كبر حجم الحبيبات زادت كفاءة الترسيب .

٦ - تركيز المواد العالقة :

هذا التركيز ربما كان سبباً فى ازدياد كفاءة الترسيب نظراً لاحتمال تصادم الحبيبات العالقة ببعضها مما يسبب التحامها فى حبيبات أكبر ومن ثم تكون أسهل فى الترسيب .

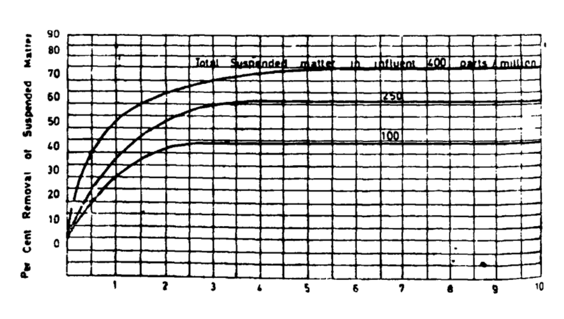
إلا أنه من المحتمل أن يكون التصادم معوقاً لعملية الترسيب إذا نتج عنه تنافر للحبيبات بدلا من التحامها .

٧ - سرعة جريان الماء فى الحوض :

كلما قلت سرعة الماء فى الحوض زادت كفاءة الترسيب . ويفضل ألا تتجاوز هذه السرعة ثلاثين سنتيمتراً فى الدقيقة (٣٠ سم / الدقيقة) أو من عشرين إلى أربعين ضعفاً لسرعة هبوط الحبيبات العالقة المراد ترسيبها .

٨ - مدة بقاء الماء فى الحوض (Detention period) :

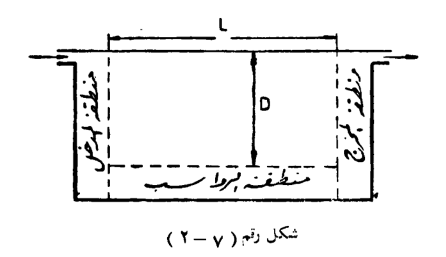
فكلما زادت هذه المدة . زادت جودة الترسيب الا أنه من الناحية الاقتصادية نادراً ما يزيد هذا الوقت فى الترسيب الطبيعى عن ثلاثة أو أربعة ساعات . وذلك نظراً للزيادة الطفيفة فى جودة الترسيب الناتجة من مضاعفة الوقت .



(شكل رقم ٧ - ١)

والشكل رقم (٧ — ١) يبين مثلا أن جودة الترسيب (أى النسبة المئوية للمواد التى رسبت إلى المواد العالقة الموجودة أصلا فى المياه) بعد ساعتين هو ٦٥ ٪ — فاذا ضاعفنا مدة بقاء الماء فى الحوض إلى أربعة ساعات نجد أن جودة الترسيب ارتفعت إلى ٧٢ ٪ — أى بزيادة طفيفة حوالى ٧ ٪ لا تبرر مضاعفة تكاليف انشاء وتشغيل أحواض الترسيب.

٩ — المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول إلى العرض :



شكل رقم (٧ — ٢)

بالاشارة إلى (شكل ٧ — ٢) اقترض هيزن Hazen تقسيم الحوض المثالى للترسيب (Ideal tank) إلى أربعة مناطق : منطقة المدخل حيث يتم توجيه المياه لتسير بانتظام بكامل قطاع الحوض . منطقة الترسيب حيث تسير المياه بسرعة صغيرة كافية لترسيب المواد العالقة . منطقة المخرج حيث يتم توجيه المياه لتخرج من هدار المخرج . ومنطقة الرواسب حيث يتم تجميع الرواسب .

فاذا كان : L = طول منطقة الترسيب

B = عرض منطقة الترسيب

D = عمق منطقة الترسيب

T = الزمن اللازم لترسيب حبيبة عالقة من سطح الحوض حتى منطقة الرواسب .

V = سرعة هبوط الحبيبات العالقة

A = مدة بقاء الماء فى الحوض .

Q = التصرف الداخل فى الحوض

∴ سعة الحوض = $C = A \times Q$

$$\therefore A = \frac{C}{Q} = \frac{B\,L\,D}{Q}$$

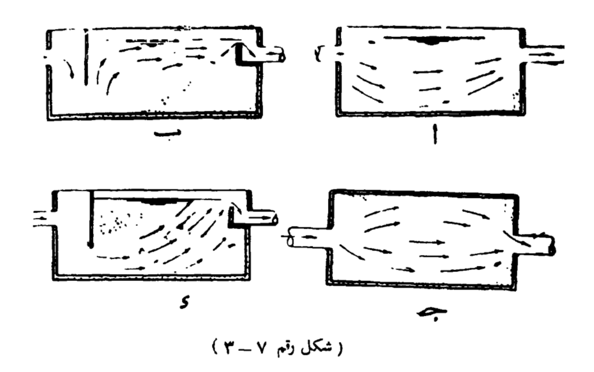
$$\therefore T = \frac{D}{V}$$

∴ E = كفاءة عملية الترسيب = $\frac{A}{T}$

$$\frac{B\,L\,D}{Q} \div \frac{D}{V} = \frac{B\,L\,V}{Q}$$

أى أن كفاءة حوض الترسيب المثالى تتوقف على المساحة السطحية ، سرعة هبوط المواد العالقة والتصرف الداخلى فى الحوض .

على أنه يلاحظ عمليا أن النسبة بين طول وعرض الحوض لها تأثير على كفاءة الترسيب فى الحوض نظراً لاحتمال عدم انتظام دخول المياه إلى الحوض وخروجه منه مما يؤدى إلى حدوث تيارات ثانوية أو مناطق مشلولة (dead zones) فى الأحواض العريضة نسبياً مما يقلل من جودة الترسيب (شكل رقم ٧ ٣) .



(شكل رقم ٧ – ٣)

١٠ – التيارات الثانوية (Turbulence & Eddies) :

وهذه تنتج من التغير فى درجات حرارة الماء أثناء تواجده فى الحوض مدة طويلة وما يستتبع ذلك من تيارات حمل حراررية Convection currents كذلك تنتج هذه التيارات الثانوية بفعل الرياح فى الأحواض الكبيرة نسبياً وعند مداخل ومخارج الأحواض – هذه التيارات الثانوية تقلل من كفاءة الترسيب .

١١ – اختصار المياه لمسارها (Stratification & Short circuiting)

وهذا يحدث عندما تكون درجة حرارة المياه عند دخولها إلى الحوض أعلى من درجة حرارة وبذلك تكون أقل كثافة من الماء الموجود فعلا فى الحوض ، عندئذ تطفوا الماء الداخلة على الماء الموجود فى الحوض – بدلا من أن تمتزج بها – مما يسبب سرعة جريانها فى الحوض وبالتبعية نقصاً فى مدة بقائها فى الحوض ومن ثم انخفاضاً فى كفاءة الترسيب (شكل رقم ٧ – ٣). ب

لهذا يجب تشكيل مدخل الحوض بحيث يؤدى إلى امتزاج المياه الداخلة بالمياه الموجودة فى الحوض دون اثارة للرواسب التى تتواجد فى قاع الحوض

١٢ - طريقة تنظيف الحوض من الرواسب :

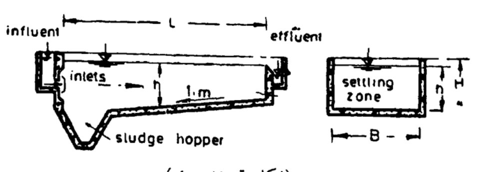
يجب اتباع طرق تنظيف لا تسبب عطلا فى تشغيل الحوض أو تسبب إثارة للرواسب فى القاع عند ازالتها - مما يجعلها تعود إلى الماء كمواد عالقة لم ترسب بعد ، كما أن فى طول الفترات بين عمليات التنظيف ما قد يسبب توالد بعض الغازات فى الرواسب نتيجة بعض التحللات الكيمائية أو العضوية هذه الغازات عند تصاعدها تحمل معها بعض الرواسب من القاع مما يؤثر على كفاءة الترسيب .

أنواع أحواض الترسيب

١ - تنقسم أحواض الترسيب إلى ثلاثة أنواع رئيسية بالنسبة لاتجاه سير الماء فى الحوض وبالنسبة لمسقطها الأفقى :

آ - أحواض الترسيب المستطيلة ذات التصرف الأفقى (شكل رقم ٧ - ٤) :

Rectangular Horizontal flow tanks



(شكل رقم ٧ - ٤)

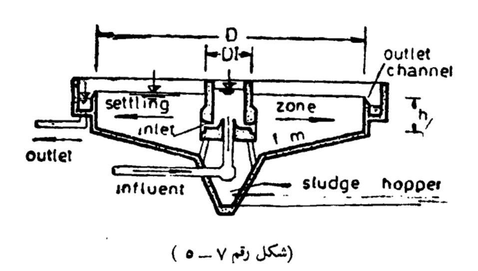
وهذه الأحواض تعتبر من أحسن الأحواض للترسيب الطبيعى وفيها توجد المياه بحيث تسير فى الحوض أفقياً بسرعة لاتصل إلى الحد الذى يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة فى الحوض .

وهذه الأحواض أما مستطيلة أومربعة أحياناً فى المسقط الأفقى وهى الأكثر استعمالا فى عمليات الترسيب الطبيعى .

ب - أحواض الترسيب الدائرية ذات التصرف القطرى :

Radial flow circular tanks

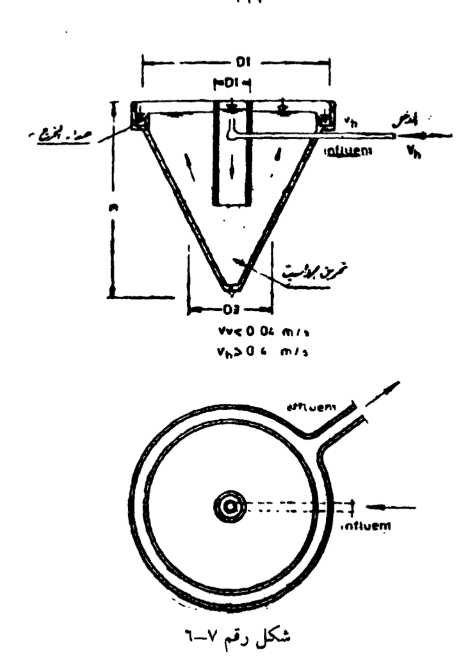
وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى ماسورة حتى محور الحوض لتنتهى فى بئر (inlet well) تخرج منه الماء لتسير فى اتجاه قطرى حتى هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض (شكل رقم ٧ - ٥) .



(شكل رقم ٧ - ٥)

ج - أحواض الترسيب ذات التصرف الرأسى : Vertical flow tanks

وهذه الأحواض عميقة نسبياً توجه المياه فيها بحيث يكون اتجاهها رأسياً من أسفل إلى أعلى وبسرعة لا تسمح للمياه أن تحمل معها فى صعودها حبيبات المواد العالقة - وهذه الأحواض إما دائرية أو مربعة المسقط الأفقى - وتخرج منها المياه على هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض إذا كان دائرياً أو على هدارات عرضية فى الأحواض المربعة - (شكل رقم ٧ - ٦) .

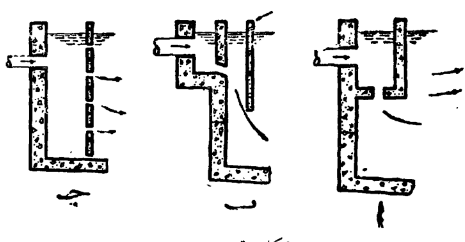


شكل رقم ٧-٦

والأحواض ذات التصرف القطرى أو ذات التصرف الرأسى لا تستعمل كثيراً فى أحواض الترسيب الطبيعى بعمليات تنقية المياه .

مداخل ومخارج احواض الترسيب Inlet & Outlet arrangements

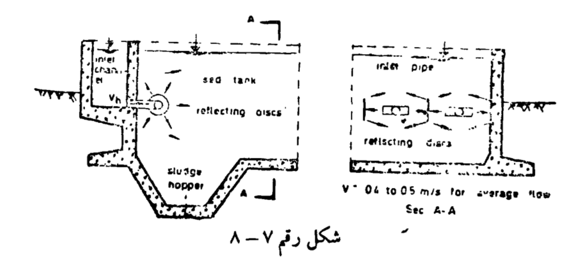
من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب مدى انتظام دخول وخروج الماء من الحوض وما قد يتوالد فى منطقتى المدخل والمخرج من دوامات وتيارات ثانوية تحد من ترسيب المواد العالقة .



شكل رقم ٧ — ٧

كما أن عدم انتظام توزيع المياه فى المدخل وتجميعها فى المخرج بكامل قطاع الحوض قد يسبب تواجد مناطق مشلولة Dead zones (شكل رقم ٧ — ٣) فى أنحاء الحوض مما يحد من السعة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مدة مكث الماء فى الحوض وبالتالى يقلل من كفاءة الترسيب — لذلك كان من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج — بحيث تضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق المشلولة .

ولضمان انتظام توزيع المياه فى مدخل الحوض يراعى أن يكون دخول الماء بكامل عرض الحوض من أكثر من فتحة وزيادة فى ضمان انتظام التوزيع

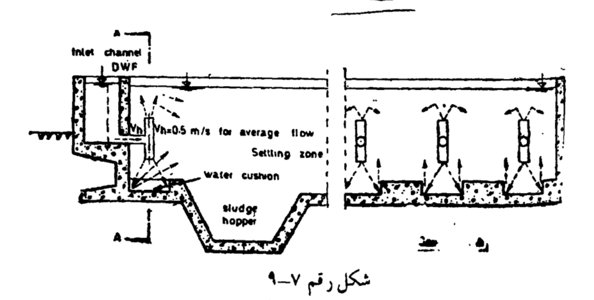


شكل رقم ٧ — ٨

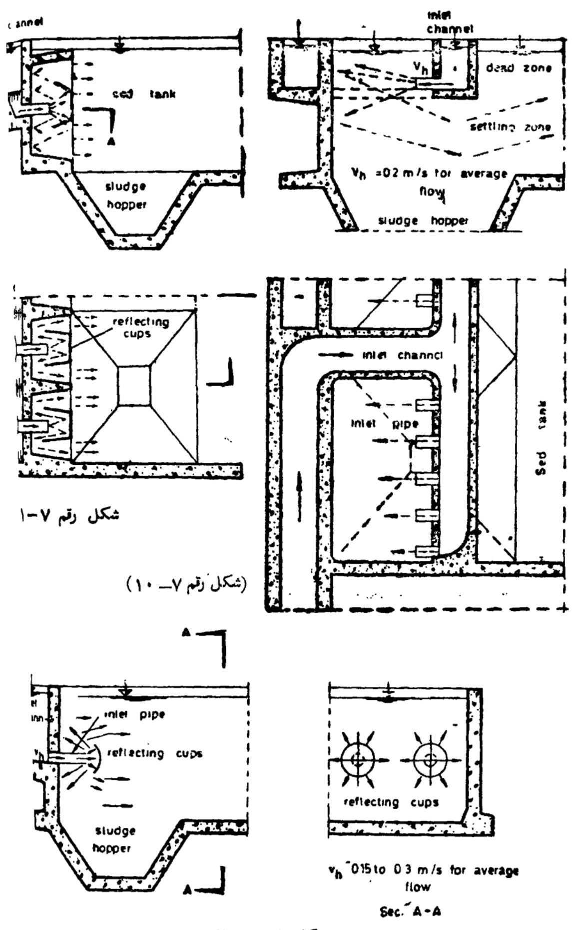
يزود المدخل بحائط حائل (baffle) كما يجوز أن يمتد هذا الحائط الحائل إلى قاع الحوض على أن تعمل به فتحات تمر منها الماء كما يجوز أن يزود المدخل بحائطين من هذا النوع والغرض من هذا، كما ذكر قبلا هو توزيع المياه بانتظام بكامل قطاع الحوض لمنع توالد التيارات الثانوية أو تواجد المناطق المشاولة . وهناك أنواع من المداخل المستحدثة توجه المياه فيها إلى حائط حائل أو قاع الحوض فتنعكس على هذا الحائط متجهة إلى الخلف ومن ثم تنعكس ثانياً على جدار المدخل — هذا الانعكاس المتكرر يتسبب فى تكسير طاقة اندفاع المياه كما يسبب توزيع المياه بانتظام على قطاع الحوض بالكامل (أشكال رقم ٧ — ٧ —> ٧ — ١٢ ،)

كما أن لاختلاف درجة حرارة المياه الداخلة إلى الحوض عن درجة الحرارة الموجودة بالحوض أثر كبير على توالد التيارات الثانوية وتواجد المناطق المشلولة .

فاذا كان الماء الداخل أعلى حرارة من الماء الموجود فى الحوض كان سير الماء كما هو مبين فى (شكل ٧ —٣) ، مخلفـا منطقة مشلولة عند المخرج — أما



شكل رقم ٧—٩



شكل رقم ٧-١

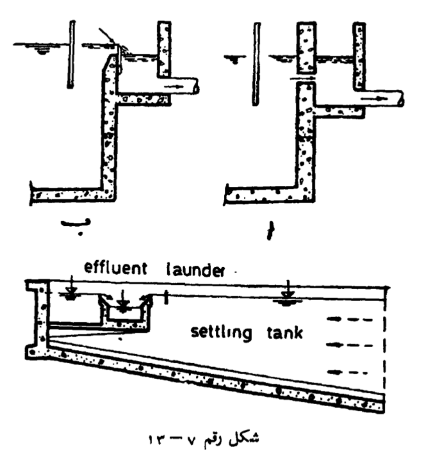
(شكل رقم ٧ــ ١٠)

شكل رقم ٧ - ١٢

إذا كان الماء الداخل أقل حرارة من الماء الموجود كان سير الماء كما هو مبين فى (شكل رقم ٧ — ٣). مخلفاً منطقة مشلولة عند المدخل .

أما مخرج الحوض فهو عادة عبارة عن هدار تمر فوقه المياه بمعدل يتراوح بين ٢٥ ، ١٠٠ متر مكعب للمتر الطولى فى الساعة وحتى يمكن تفادى وجود مناطق مشلولة بالقرب من الهدار فأنه يلجأ أحياناً إلى انشاء حائط حائل أمام هذا الهدار ، تمر المياه من تحت هذا الحائط الحائل إلى أعلى متجه إلى هدار المخرج (شكل رقم ٧ — ١٣) .

وهناك فائدة أخرى لمثل هذا الحائط الحائل — هى حجز المواد التى قد تجد طريقها إلى سطح الماء فتطفو عليه — مثل ورق الأشجار المتساقط فتمنع وصول هذه المواد الطافية إلى المرشحات .

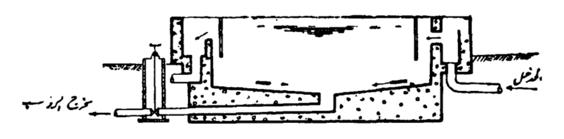


شكل رقم ٧ — ١٣

طرق تجميع الرواسب وتفريغها من الحوض :

من البديهى أنه يجب إزالة الرواسب المتجمعة فى قاع الحوض و هذا يتم بأحد الطرق الآتية :

١ — الطرق اليدوية : (Manual cleaning) (شكل رقم ٧ — ١٤) :



شكل رقم ٧ — ١٤

وفى هذه الطريقة تزال الرواسب على فترات متقطعة ، حيث يفرغ الحوض مما فيه من المياه أولا ، ثم يزال ما فيه من رواسب بالطلمبات أو بكسحها يدوياً أو بقوة دفق المياه من خراطيم تساط على الرواسب فتدفعها إلى مخارج فى قاع الحوض .

ويحسن فى مثل هذه الطريقة أن يكون قاع الحوض مائلا فى اتجاه هذه المخارج مما يسهل عملية التنظيف — وهذا الميل يتراوح من ١ : ٨ إلى ١ : ١٢ على أنه يجب مراعاة اضافة حجم الرواسب المتجمعة ما بين عمليتى تنظيف للحوض إلى الحجم التصميمى للحوض . هذا الحجم الاضافى يتوقف على نسبة المواد العالقة و كذلك على الفترة ما بين عمليتى تنظيف وهذه تتراوح ما بين شهرين وأربعة أشهر .

ومن عيوب هذه الطريقة :

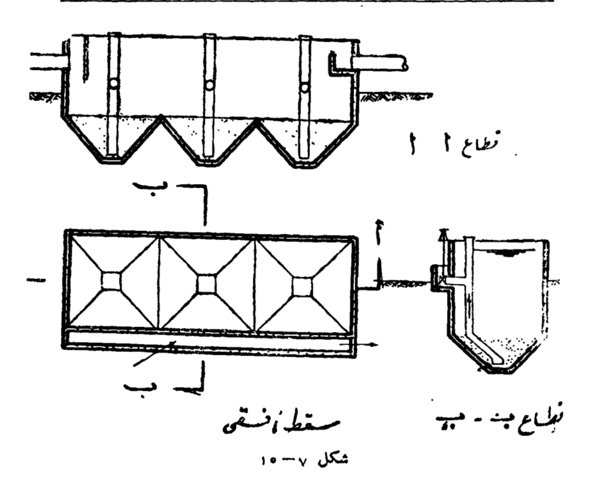
١ - تعطيل الأحواض عن العمل أثناء عملية التنظيف .

٢ - الاحتياج إلى أحواض احتياطية تحل محل الأحواض الجارى تنظيفها

٣ - الاضطرار إلى زيادة حجم كل حوض بالسعة الكافية لتخزين الرواسب فى الفترة ما بين عمليتى التنظيف .

كل هذا يؤدى إلى رفع التكاليف الانشائية للأحواض - وهذه الطريقة لا تستعمل حالياً فى المشروعات الكبرى للمياه .

ب - الطريقة الهيدروليكية (Hydraulic Cleaning) (شكل رقم ٧ - ١٥):

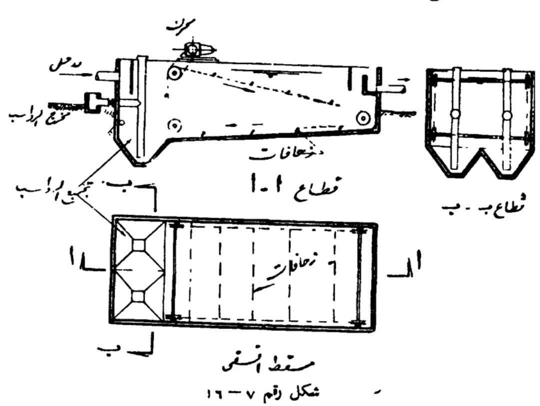


شكل ٧ - ١٥

وفى هذه الطريقة يعتمد على ضغط الماء الموجود فى الحوض فوق الرواسب لدفعها من مخارج خاصة فى قاع الحوض — ولتسهيل هذه العملية يبنى قاع الحوض على شكل أهرام مقلوبة وتخرج من رأس كل هرم ماسورة مركب عليها محبس — وعند فتح المحبس يتسبب ضغط الماء فوق المخرج فى خروج الرواسب — ويظل المحبس مفتوحاً مدة كافية لخروج الرواسب من الأهرام المقلوبة ثم يقفل عند بدء خروج المياه من المحبس ، ويمكن معرفة ذلك بملاحظة مخرج الماسورة فى مجرى الرواسب .

جـ — الطريقة الميكانيكية (Machanical Cleaning) (شكل رقم ٧ — ١٦) :

ويتم التنظيف بهذه الطريقة بتحريك زحافات (Scrappers or squeegees) على قاع الحوض ، تدفع أمامها الرواسب إلى هرم مقلوب (أو أكثر) عند مدخل الحوض — وتخرج من رأس الهرم ماسورة مركب عليها محبس وعند امتلاء الهرم بالرواسب يفتح المحبس لتخرج الرواسب تحت ضغط الماء إلى خارج الحوض كما هو الحال فى التنظيف الهيدروليكى .



شكل رقم ٧ — ١٦

ملحوظة :

حجم الهرم الناقص = ح

$$ح = \frac{ع}{٣} \left(س_{١} + س_{٢} + \sqrt{س_{١} \, س_{٢}} \right)$$

حيث ع = المسافة الرأسية بين القاعدتين

$س_{١}$ = مساحة القاعدة العليا

$س_{٢}$ = مساحة القاعدة السفلى

ومن مزايا هذه الطريقة أنها لا يحتاج فيها إلى عمق اضافى للحوض لتخزين الرواسب ، كما أنه يمكن تشغيل الزحافات أما بصفة مستمرة أو على فترات متقطعة ، الا أن سرعة سير الزحافات يجب ألا تصل إلى السرعة التى تثير مما يقلل من كفاء الترسيب — وهذه السرعة يجب الا تتجاوز خمسة مترات فى الدقيقة .

مثال :

أوجد حيز تخزين الرواسب فى حوض ترسيب طبيعى تصرفه اليومى ٤٠٠٠ متر مكعب إذا كانت المياه تحتوى على ٢٥٠ جزء فى المليون مواد عالقة وكانت كفاءة الترسيب ٦٠ ٪ وأن التنظيف يتم :

(ا) مرة فى اليوم ٢٤ ساعة .

(ب) مرة كل ثمانية ساعات (وردية عمل)

(ج) مرة كل عشرة أيام .

الحــــل :

التصـــرف = ٤٠٠٠ متر مكعب = ٤٠٠٠ طن ماء

المواد العالقة = ٢٥٠ جزء فى المليون

المواد الراسبة = ٠,٦٠ × ٢٥٠ = ١٥٠ جزء فى المليون

$$= \frac{٤٠٠٠ \times ١٥٠}{١٠٠٠,٠٠٠} = ٠,٦٠ \text{ طن} = ٦٠٠ \text{ كيلوجرام}$$

بفرض أن نسبة المواد الصلبة ٥ ٪ والماء ٩٥ ٪

∴ الوزن الكلى للرواسب = ١٢٠٠٠ كيلوجرام = ١٢,٠ طن

∴ الحجم فى اليـوم = ١٢,ــ متر مكعب

∴ الحجم فى ثمانية ساعات = ٤,ــ متر مكعب

∴ الحجم فى عشرة أيام = ١٢٠ متر مكعب

وفى هذه الحالة يجب زيادة عمق الحوض لتخزين هذه الرواسب ، أما فى حالة التنظيف مرة كل يوم أو كل ثمانية ساعات فلا حاجة لذلك .

اسس تصميم وانشاء احواض الترسيب

هناك أكثر من قانون هيدروليكى يربط ما بين المتغيرات المختلفة المؤثرة على سرعة هبوط المواد العالقة فى الماء – كما أن هناك أكثر من قاعدة اقتراحية (Imperical rule) الغرض منها تبسيط هذه القوانين وكذلك وضع أسس عملية لتصميم أحواض الترسيب خاصة وأن الأحوال المثالية التى يتوافر فيها سكون الماء وتمام كروية حبيبات المواد العالقة وكذلك عدم تعارض واصطدام الحبيبات العالقة مع بعضها أثناء الرسوب إلى القاع ، لا تتواجد فى أحواض الترسيب العادية .

القوانين الهيدروليكية :

إذا تتبعنا حركة الحبيبات الصلبه العالقة أثناء هبوطها فى الماء ، اوجدنا أنها تتحرك بسرعة متزايدة بفعل الجاذبية الأرضية حتى تتساوى قوة الجاذبية إلى أسفل مع مقاومة السائل لحركة الحبيبات(قوة الاحتكاك) - وعندئذ تثبت السرعة النسبية بين الجسم والسائل. والقوانين الآتية توضح العلاقة بين المؤثرات المختلفة التى تحدد سرعة ترسيب المواد العالقة فى الماء :

(١) القوة المسببة لهبوط الحبيبات فى الماء = وزن الحبيبات فى الماء

$$F_1 = (D_s - D_e)\ g\ V$$

حيث : F_1 = القوة المحركة للحبيبات إلى أسفل

D_s = كثافة الحبيبات

D_e = كثافة الماء

g = الجاذبية الأرضية

V = حجم الحبيبات

(٢) القوة المقاومة لهبوط الحبيات فى الماء

$$F_2 = C_d\ A\ \frac{1}{2}\ D_e\ S^2$$

حيث : F_2 = القوة المقاومة لهبوط الحبيبات إلى أسفل

C_d = معامل الاحتكاك بين الحبيبات والماء .

S = سرعة هبوط الحبيبات فى الماء .

A = مساحة مقطع الحبيبات (عمودياً على اتجاه الحركة)

D_e = كثافة الماء

وبمساواة المعادلتين ينتج أن :—

$$S = \sqrt{\frac{2}{Cd} \left(\frac{Ds - De}{De}\right) \frac{g\,V}{A}}$$

فاذا فرض أن الحبيبات كروية الشكل فان الحجم $V = \frac{\pi d^3}{6}$

والمساحة $A = \frac{\pi d^2}{4}$ حيث d = قطر الحبيبات

وبذلك يمكن وضع المعادلة (٣) بالشكل الآتي للحبيبات الكروية

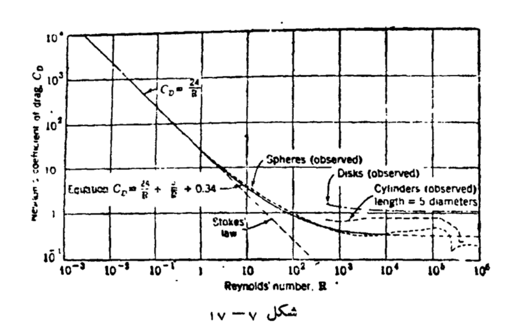
$$S = \sqrt{\frac{4}{3\,Cd} \left(\frac{Ds - De}{De}\right) g\,d} \qquad (٤)$$

وقد افترض نيوتن (Newton) أن معامل الاحتكاك C_d ثابتاً إلا أنه يتوقف على عدد رينولد (Reynold's number) كما فى المعادلة :—

$$R = \frac{S\,d}{u} \qquad (٥)$$

حيث u = معامل لزوجة الماء (Viscosity)

ويبين الشكل رقم (٧ — ١٧) العلاقة بين عدد رينولد (R) ومعامل الاحتكاك Cd — وفى هذا الشكل يمكن تمييز ثلاثة مراحل لهذه العلاقة :



شكل ٧ — ١٧

١ — المرحلة الأولى عندما يكون R أقل من واحد ($R < 1$) وفى هذه الحالة تكون مقاومة الاحتكاك ناتجة عن لزوجة الماء فقط وتكون السرعة النسبية بين الحبيبات والماء خاضعة لقوانين الحركة البطيئة الانسيابية (Laminar flow) كما أن قيمة Cd تحدد المعادلة الآتية :

(٦)

$$Cd = \frac{24}{R} = \frac{24}{\frac{S_d}{u}} = \frac{24\,u}{S\,d}$$

وبالتعويض بقيمة $Cd = \frac{24\,u}{S\,d}$ فى المعادلة العامة (٤) نحصل على المعادلة الآتية التى تعطى سرعة الترسيب فى هذه الحالة :

... ... (٧)

$$S = \sqrt{\frac{4\,S\,d}{3 \times 24\,u} \quad \frac{Ds - De}{De} \; g\,d}$$

$$\therefore S = \frac{1}{18} \frac{d^2}{u} g \frac{Ds - De}{De}$$

وهى ما تسمى معادلة ستوك (Stokes law) وتستعمل للحصول على سرعة ترسيب الحبيبات ذات الأقطار أقل من ٠,١ مليمتر .

٢ — المرحلة الثانية عندما تكون R أكبر من ١٠٠٠ ($R > 10^3$) وفى هذه الحالة تكون الحركة النسبية بين الحبيبات والماء حركة سريعة دوامات (Turbulent flow) — ومعامل الاحتكاك يظل ثابتاً ويساوى ٠,٤ للحبيبات الكروية حتى تصل قيمة «R» إلى مائة ألف . وبالتعويض بقيمة $Cd = 0.4$ فى المعادلة العامة (٤) نحصل على المعادلة الآتية التى تعطى سرعة الترسيب فى هذه الحالة :

(٨)

$$S = \sqrt{\frac{4}{3 \times 0.4} \frac{D - De}{De} g d}$$

$$\therefore S = \sqrt{\frac{10}{3} \frac{Ds - De}{De} g d}$$

وهى ما تسمى بمعادلة نيوتن (Newton law) وتستعمل للحصول على سرعة ترسيب الحبيبات ذات الأقطار أكبر من مليمتر واحد .

٣ — مرحلة متوسطة بين المرحلتين السابقتين أى أن قيمة عدد رينولد « R » يقع بين واحد ، ١٠٠٠ ($10 < R < 1000$) وهى مرحلة انتقالية يصعب فيها تعيين قيمة معامل الاحتكاك « Cd »

بالنسبة لعدد رينولد « R » حسابياً إلا أنه أمكن تقدير العلاقة بينهما للحبيبات الكروية بالمعادلة الآتية :

(٩) ... ...

$$Cd = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34$$

ويقترح هيزن (Hazen) استعمال المعادلة الآتية للحصول على سرعة الترسيب فى هذه المرحلة وهى ما تسمى بمعادلة هيزن :

(١٠)

$$S = \frac{1}{18} d g \frac{Ds - De}{u}$$

ويبين الجدول رقم (٧ — ١) والشكل رقم (٧ — ١٨) سرعة الترسيب للحبيبات المختلفة الأقطار والكثافة عند درجة حرارة عشرة مئوية (٥٦٠ فهرنهايت) . وللحصول على السرعات عند درجات حرارة أخرى يقترح هيزن ضرب البيانات فى الجدول أو الشكل المذكورين فى المعامل $\frac{T + 10}{60}$ حيث T هى درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايتى المطلوب ايجاد سرعة الترسيب عندها .

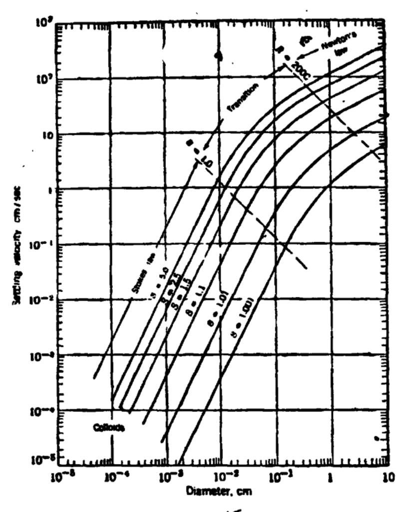
وجميع هذه القوانين تعطى سرعة الترسيب فى الأحوال المثالية التى يتوافر فيها سكون الماء وتمام كروية حبيبات المواد العالقة وكذلك عدم تعارض واصطدام الحبيبات مع بعضها أثناء الرسوب إلى القاع — وبديهى أن مثل هذه الأحوال المثالية لا تتواجد فى أحواض الترسيب العادية .

جدول رقم (٧ - ١)

سرعة هبوط المواد العالقة فى الماء

عند درجة حرارة عشرة مئوية

القطر مم	سرعة الهبوط م/ثانية الوزن النوعى	الوزن النوعى	القطر مم	سرعة الهبوط م/ثانية الوزن النوعى	الوزن النوعى
	٢,٦٥	١,٢		٢,٦٥	١,٢
١,٠	١٠٠	١٢	٠,٠٦	٣,٨	٠,٣٠
٠,٨	٨٣	٩,٦	٠,٠٤	٢,١	٠,١٣
٠,٦	٦٣	٧,٢	٠,٠٢	٠,٦٢	٠,٠٣٤
٠,٥	٥٣	٦,-	٠,٠١	٠,١٥٤	٠,٠٠٨٤
٠,٤	٤٢	٤,٨	٠,٠٠٨	٠,٠٩٨	٠,٠٠٥٤
٠,٣	٣٢	٣,٦	٠,٠٠٦	٠,٠٦٥	٠,٠٠٣٠
٠,٢	٢١	٢,٤	٠,٠٠٤	٠,٠٢٤٧	٠,٠٠١٣
٠,١	٨	١,٢	٠,٠٠٢	٠,٠٠٦٢	٠,٠٠٠٣٤
٠,٠٨	٦	٠,٥٤	٠,٠٠٢	٠,٠٠١٥٤	٠,٠٠٠٠٨٤



شكل ٧ — ١٨

دراسات هيزن (Hazen) للأسس لتصميم أحواض الترسيب :

وفى دراسات للعوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب لاستنباط قوانين — مبنية على أسس حسابية لتصميم أحواض الترسيب افترض هيزن (Hazen) انه عند هبوط الحبيبات تبقى فى القاع ولا تتحرك كما أن كل الحبيبات لها نفس سرعة الترسيب .

وبفرض: T = الزمن اللازم للحبيبات لتهبط من السطح إلى القاع .

A = زمن بقاء الماء فى الحوض .

N = عدد أحواض الترسيب المتصلة مع بعضها على التوالى .

X = نسبة المواد العالقة التى لا تزال عالقة فى الماء ولم ترسب بعد مرور الزمن A

أمكن هيزن التوصل حسابياً إلى القوانين الآتية التى تعطى كفاءة حوض الترسيب :

١ - عند تشغيل الحوض بالملء والتفريغ كل فترة معينة (fill & draw)

$$X = 1 - \frac{A}{T}$$

٢ - عند تشغيل الحوض باستمرار (Continuous flow)

$$X = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}}$$

٣ - عند تشغيل حوضين على التوالى (Two tanks in series)

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{2T})^2}$$

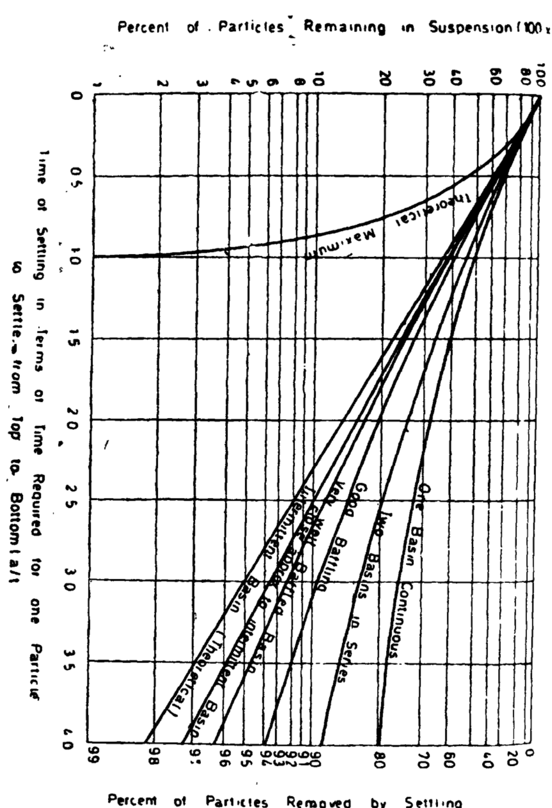
٤ - عند تشغيل ثلاثة أحواض على التوالى (Three tanks in series)

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{3T})^3}$$

٥ - وهكذا فان عند تشغيل N من أحواض الترسيب على التوالى

$$X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{NT})^N}$$

والشكل رقم (٧ - ١٩) يبين هذه المعادلات بيانياً .


Percent of Particles Remaining in Suspension (100 x
1
2
3
4
5
6
8
10
20
30
40
60
80
100
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
Time of Settling in Terms of Time Required for one Particle to Settle from Top to Bottom (a/t
Theoretical Maximum
One Basin Continuous
Two Basins in Series
Good Baffling
Very Good Baffling
Very Close approach to intermittent Basin
Intermittent Basin (Theoretical)
99
98
96
95
90
80
70
60
40
20
0
Percent of Particles Removed by Settling

(شكل ٧ — ١٩)

ويعتبر هيزن أن الحوض الواحد المستمر التشغيل يعطى كفاءة تعادل كفاءة ثلاثة أحواض متصلة على التوالى إذا كان الحوض مزوداً بالحوائط الحائلة التى تؤدى إلى حسن انتظام وتوزيع المياه فى المدخل والمخرج .

مثـــال :

المطلوب تصميم حوض الترسيب اللازم لمعالجة ٤٠٠٠ متر مكعب يومياً (مليون جالون يومياً تقريباً) إذا فرض أن ٠,٧٥ من الحبيبات العالقة ذات قطر ٠,٠١ مم وكثافة ٢,٦٥ سترسب فى هذا الحوض وذلك :

(ا) لحوض مستمر التشغيل (بدون حوائط حائلة) .

(ب) لحوض مستمر التشغيل مزود بحوائط حالة كافية لحسن توزيع المياه وانتظامها سيرها فى الحوض .

(ج) لحوض متقطع التشغيل (يملأ ثم يفرغ)

الحـــل :

من الجدول رقم (٧ — ١) (أو بتطبيق معادلة ستوك) نجد أن سرعة هبوط الحبيبات ذات قطر ٠,٠١ مم وكثافة ٢,٦٥ تساوى ٠,١٥٤ مم/ثانية . وبفرض عمق الحوض ثلاثة أمتار .

∴ الزمن اللازم لهبوط الحبيبات إلى القاع = T

$$\therefore T = \frac{٣٠٠٠}{٠,١٥٤} = ١٩٥٠٠ \text{ ثانية}$$

= ٥,٤ ساعة

١ — حوض مستمر التشغيل بدون حوائط حائلة :

بتطبيق المعادلة $X = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}}$ حيث $X = 0.25$

أو من المنحنيات شكل رقم (٧ — ١٩) .

$$0.25 = \frac{1}{1 + \frac{A}{T}}$$

وبما أن T = ٥,٤٠ ساعة

∴ زمن بقاء الماء فى الحوض = ٣ × ٥,٤ = ١٦,٢ ساعة

∴ سعة الحوض =

= $\frac{٤٠٠٠ \times ١٦,٢٠}{٢٤}$ = ٢٧٠٠ متر٣

∴ المساحة السطحية = السعة ÷ العمق

= $\frac{٢٧٠٠}{٣}$ = ٩٠٠ متر٢

بفرض أن الطول أربعة أمثال العرض :

∴ العرض = ١٥ متر ، الطول = ٦٠ متر

ب — حوض مستمر التشغيل مزود بالحوائط الحائلة :

بتطبيق المعادلة $X = \frac{1}{(1 + \frac{A}{3T})^3}$ حيث $X = 0.25$

أو من المنحنيات شكل (٧ — ١٩)

$$0.25 = \frac{1}{(1 + \frac{A}{3T})^3}$$

وبما أن T = ٥,٤٠ ساعة

∴ زمن بقاء الماء فى الحوض = ١,٧ × ٥,٤ = ٩,٠ ساعات

∴ سعة الحوض = C = Q × A

$$= \frac{٤٠٠٠ \times ٩}{٢٤} = ١٥٠٠ \text{ متر}^٣$$

∴ المساحة السطحية = ١٥٠٠ ÷ ٣ = ٥٠٠ متر٢

وبفرض أن الطول خمسة أمثال العرض

∴ العرض = ١٠ متر ، الطول ٥٠ متر

جـ – حوض منقطع التشغيل (يملأ ثم يفرغ)

بتطبيق المعادلة $X = 1 - \frac{A}{T}$ حيث $X = 0.25$

أو من المنحنيات شكل (٧ – ١٩)

$$\therefore 0.25 = 1 - \frac{A}{T}$$

$$\frac{A}{T} = 0.75$$

وبما أن T = ٥,٤ ساعة (الزمن اللازم لهبوط الحبيبات)

A = ٥,٤ × ٠,٧٥ = ٤ ساعة

سعة الحوض = C = A X Q

$$= \frac{٤٠٠٠ \times ٤}{٢٤} = ٦٦٠ \text{ متر}^٣$$

المساحة السطحية = السعة ÷ العمق

$$= \frac{٦٦٠}{٣} = ٢٢٠ \text{ متر}^٢$$

وبفرض أن الطول أربعة أمثال العرض

∴ العرض = ٧,٥ متر ، الطول = ٣٠ متر

المعادلات الاقتراحية لتصميم احواض الترسيب

كما يقدم هيزن القاعدة الاقتراحية (Imperical rule) التى تعطى العلاقة بين التصرف (مليون جالون/ اليوم) والمساحة السطحية لحوض الترسيب ذو التصرف المستمر وقطر الحبيبات العالقة التى يرسب ٧٥ ٪ منها فى ذلك الحوض .

$$d = 0.0027\, f \sqrt{\frac{Q}{A}} \sqrt{\frac{60}{T + 10}}$$

حيث : d = قطر الحبيبات التى يرسب ٧٥٪ منها

A = مساحة الحوض السطحية بالفدان (الفدان ٤٣٥٦٠ قدم٢)

Q = التصرف بالمليون جالون/يوم

T = درجة الحرارة بالتدريج الفهرنهايتى

f = معامل يتوقف على تشغيل الحوض .

ويتراوح من ١ للحوض المثالى إلى ١,٧ للحوض العادى بقيمة متوسطة تساوى ١,٤٠ .

مثـــال :

أوجد المساحة السطحية لحوض ترسيب لتصرف قدرة مليون جالون فى اليوم (٤٠٠٠ متر مكعب يومياً تقريباً) إذا علم أن ٧٥٪ من الحبيبات قطر ٠,٠١ ملليمتر سترسب فى قاع الحوض وان درجة الحرارة ٥٠° فهرنهايتى .

الحـــــل

$$d = 0.0027 f \sqrt{\frac{Q}{A}} \sqrt{\frac{60}{T + 10}}$$

$$\therefore 0.01 = 0.0027 \times 1.4 \sqrt{\frac{1}{A}} \sqrt{\frac{60}{50 + 10}}$$

$$\therefore A = .378 \text{ acre}$$

$$= 16600 \text{ ft}^2 = 1660 \text{ m}^2$$

$$\therefore L = 83 \text{ m}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

كما يقترح تبسيطاً للقوانين السابقة مراعاة الأسس والمعادلات الاقتراحية الآتية عند تصميم وانشاء أحواض الترسيب :

١ – بناء الحوائط والقاع من مادة صماء لا ينفذ منها الماء – ويستعمل لهذا الغرض الخرسانة المسلحة أو العادية أو الطوب بالمونة مع البياض اللازم بالمونة المضاف إليها المواد المانعة لنفاذية المياه .

٢ – أن تكون الحوائط رأسية .

٣ – أن تشكل المداخل والمخارج بحيث لا تسبب أى دوامات أو اضطرابات لسير المياه أو للمواد التى رسبت فى قاع الحوض فعلا .

٤ – اختيار طريقة مناسبة لتنظيف الحوض من الرواسب مع عدم اثارتها أثناء عملية التنظيف .

٥ – أن يكون عدد الأحواض فى محطة التنقية كافيا لأن تجرى عملية تنظيف أو صيانة أو أكثر دون التأثير على سعة المحطة والتصرف المنتظر منها .

٦ — يجب ألا يزيد السرعة الأفقية عن ٣٠ سم/الدقيقة (فى الأحواض المستطيلة).

٧ — مدة بقاء الماء فى الحوض تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات .

٨ — عمق الحوض يتراوح ما بين ٣ ، ٤ مترات يضاف إلى ذلك عمق لتخزين الرواسب .

٩ — لا يتجاوز قطر الحوض الدائرى أربعين متراً .

١٠— نسبة الطول : العرض يتراوح بين ٣ : ١ ، ٥ : ١ . على ألا يتجاوز طول الحوض ٥٠ متراً وعرض الحوض عشرة أمتار .

١١— نسبة الطول : العمق تتراوح بين ٧ : ١ ، ١٥ : ١ .

١٢— معدل الحمل السطحى (Surface loading or over flow rate) لا يتجاوز ٧٥ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم .

١٣— معدل مرور المياه على هدار المخرج يجب ألا يزيد عن حد أقصى قدره مائة متر٣/ متر/ ساعة ويفضل أن ينخفض هذا المعدل حتى ٢٥ متر٣/ متر/ ساعة . فاذا كان عرض الحوض غير كافى ليستوعب هداراً بالطول اللازم لتمر المياه عليه بهذا المعدل ، أمكن تثبيت الهدار بعيداً عن الحائط النهائى للحوض وبذلك يتضاعف طول الهدار الذى تمر عليه المياه إلى المخرج (شكل ٧–١٣) بل يمكن انشاء هدارين متتالين فى نهاية الحوض فيتضاعف طول الهدار أربعة مرات .

١٤— مراعاة القوانين التالية التى تربط بين التصرف « Q » ومدة المكث « T » والسرعة الأفقية « V » وحجم الحوض « C » والطول « L » والعرض « B » ومعدل التحميل السطحى « O. F. R. » .

$$C = Q \times T = B \times L \times D$$

$$L = T \times V$$

$$V = \frac{Q}{BD}$$

$$O.F.R. = \frac{Q}{B \times L}$$

مثـــال :

صمم حوض الترسيب اللازم لمعالجة ٤٠٠٠ متر٣ يومياً باستعمال القواعد المذكورة أعلاه بافتراض أن الرواسب الموجودة فى الماء قدرها ٢٥٠ جزء فى المليون وان المطلوب ترسيب ٦٠ ٪ من هذه الرواسب .

الحـــل :

من المنحنيات شكل رقم (٧ – ١) نجد الزمن اللازم للترسيب بهذه الكفاءة هو ثلاثة ساعات .

– ∴ السعة = C = Q × T

$$= \frac{٤٠٠٠ \times ٣}{٢٤} = ٥٠٠ \text{ متر٣}$$

وبفرض معدل التحميل السطحى = ٣٢ متر٣/ متر/يوم

∴ المساحة السطحية = $\frac{٤٠٠٠}{٣٢}$ = ١٢٥ متر

∴ العمق = السعة ÷ المساحة السطحية

= $\frac{٥٠٠}{١٢٥}$ = ٤ متر

وبفرض الطول = خمسة أمثال العرض

∴ الطول = ٢٥ متر ، والعرض = ٥ متر

الباب الثامن

الترسيب مع استعمال الكيماويات

Chemical Precipitation

لما كانت سرعة ترسيب المياه للحبيبات الدقيقة ، صغير جداً فان هذه الحبيبات تأخذ وقتا طويلا جداً حتى ترسب إلى قاع حوض الترسيب الطبيعى ولذلك نلجأ إلى اضافة المواد الكيماوية إلى المياه بغرض تجميع الحبيبات الصغيرة فى حبيبات أكبر حجماً ومن ثم أسهل ترسيباً .

ولقد وجد أنه عند اضافة بعض المواد الكيماوية إلى الماء تتكون ندف هلامية (flocs) تأخذ فى الهبوط إلى أسفل ، وفى أثناء هبوطها تجذب إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة فتهبط معها مما يعطى نتائج جيدة لعملية الترسيب بعد فترة وجيزة .

وهذه العملية تعرف بالترويب (Coagulation) كما تعرف المواد الكيماوية بالمروبات (Coagulants) .

وأهم الكيماويات المستعملة لهذا الغرض هى :

١ — كبريتات الألمنوم (الشب)	alum, aluminum sulphate
٢ — كبريتات الحديدوز	Ferrous sulphate
٣ — كبريتات الحديديك	Ferric sulphate
٤ — كلوريد الحديديك	Ferric chloride
٥ — كبريتات الحديدوز المكلورة	Chlorinated copperas
٦ — ألومينات الصوديوم	Soduim aluminate
٧ — كبريتات الألمنيوم النوشادرية	ammonia alum

إلا أن كبريتات الألمنيوم هى أكثر هذه المواد استعمالا إذ أنها أرخص هذه المواد وأكثرها تواجداً وانتشاراً فى الطبيعة .

ولابد لنجاح عملية الترويب من وجود مواد قلوية فى الماء لتتفاعل مع الكيماويات . وهذه المواد القلوية توجد عادة فى المياه الطبيعية على هيئة بيكربونات الكلسيوم — فاذا لم توجد القلوية بالكميات اللازمة وجب اضافة مواد قلوية على هيئة ايدروكسيد الكليسيوم (جير مطفى) أو على هيئة كربونات الصوديوم لتعويض هذا النقص قبل اضافة الكيماويات المروبة .

١ — الترويب باستعمال كبريتات الالمنيوم : Aluminum Sulphate

وتعرف تجاريا باسم الشب (alum) وتركيبها الكيماوى :

لو٢ (كب أ٤)٣ . ١٨ أ يد٢ ($Al_2 (So_4)_3 . 18 H_2o$) والشب كما توجد فى الطبيعة أو كما تصنع قد تحتوى على بعض الشوائب لا تذوب فى الماء الا أن هذه الشوائب لا تمثل أو تسبب أى متاعب فى التشغيل طالما كانت لا تتجاوز ٥ ٪ — بل من المحتمل أن تعمل هذه الشوائب كنواة تتكون عليها الندف مما يساعد فى عمليتى الترويب والترسيب .

وعند اضافتها إلى مياه تحتوى على قلوية طبيعية من بيكربونات الكليسيوم يتم التفاعل كالآتى :

كبريتات الألمنيوم + بيكربونات الكليسيوم ——>

ايدروكسيد المنيوم + ثانى أكسيد كربون + كبريتات كاسيوم (١)

لو٢ (كب أ٤)٣ + ٣ كا (ك أ٣ يد)٢ ——>

٢ لو (أ يد)٣ + ٣ كا كب أ٤ — ٦ ك أ٢

$$3 Ca (C O_3 H)_2 + Al_2 (S O_4)_3 \longrightarrow$$

$$6 C O_2 + 3 Ca S O_4 + 2 Al (O H)_3$$

أما إذا كانت القلوية الطبيعية غير كافية ، ففى هذه الحالة يضاف الجير المطفى ايدروكسيد الكلسيوم للماء قبل اضافة الشبه ويكون التفاعل كالآتى :

كبريتات ألمنيوم + ايدروكسيد الكلسيوم ——>
ايدروكسيد الألمنيوم + كبريتات الكلسيوم } (٢)

لو٢ (كب آ ٤) ٣ + ٣ كا (آ يد) ٢ ——> ٢ لو (آ يد) ٣ + ٣ كا كب آ ٤

$$3\ CaSO_4 + 2\ Al(OH)_3 \longleftarrow 3\ Ca(OH)_2 + Al_2(SO_4)_3$$

كما يمكن اضافة القلوية إلى الماء على هيئة كربونات الصوديوم وفى هذه الحالة يكون التفاعل الكيماوى كالآتى :

كبريتات الألمنيوم + كربونات الصوديوم + مـاء ——>
ثانى أكسيد الكربون + ايدروكسيد الألمنيوم + كبريتات الصوديوم } (٣)

لو٢ (كب آ ٤) ٣ + ٣ ص ٢ ك آ ٣ + ٣ آ يد ٢ ——>
٢ لو (آ يد) ٣ + ٣ ص ٢ كب آ ٤ + ٣ ك آ ٢

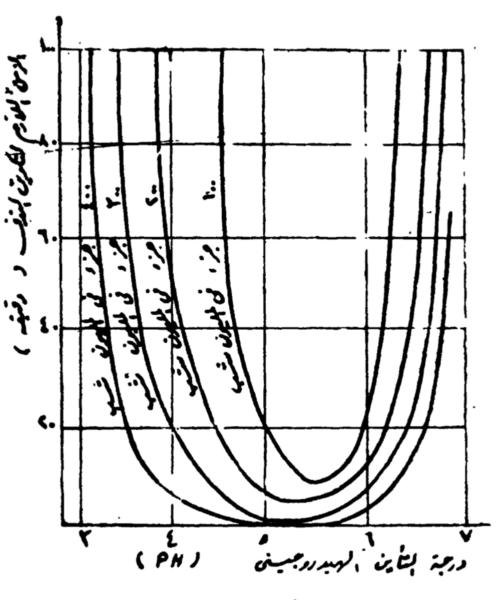
ويلاحظ من دراسة المعادلات أعلاه أن الترويب باستعمال الشب يتميز بالخواص الآتية :

١ — فى جميع هذه التفاعلات ينتج ندف هلامية من ايدروكسيد الألمنيوم تأخذ فى الهبوط إلى القاع جاذبة إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة .

٢ — وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم فى الماء يسبب صغر فى حجم هذه الندف صغراً يمنع ترسيبها بسهولة (Pin head floc) وعلاجا لهذه الحالة تزاد جرعة الشب .

٣ — وجود أملاح كربونات للكلسيوم أو كربونات المغنسيوم فى الماء يساعد على تكوين الندف الهلامية .

٤ — تؤثر درجة التأين الايدروجيني (pH) على الجرعة اللازمة والكافية لجودة الترويب — ولقد وجد أن الترويب يكون أكثر جودة إذا كانت المياه ذات تأين ايدروجيني يتراوح من ٤ إلى ٦ كما يوضح الشكل (٨ — ١) مع وجوب ملاحظة أن عملية اضافة الشب إلى الماء تخفض من درجة التأين الايدروجيني .



(شكل رقم ٨ - ١)

٥ - التفاعل بين الشب وبيكربونات الكلسيوم أو الجير المطفأ ينتج عنه - بالاضافة إلى ايدروكسيد الألمنيوم - كبريتات الكلسيوم التى تذوب فى الماء مسببة عسر الماء ولكن ذلك ليس بالأهمية التى تؤثر على صفات الماء.

٦ - التفاعل بين الشب والجير المطفأ أو كربونات الصوديوم ينتج عنها - بالاضافة إلى ايدروكسيد الألمنيوم - ثانى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء ويسبب تآكلا فى المعادن.

٧ - التفاعل بين الشب وكربونات الصوديوم ينتج عنه كبريتات الصوديوم التى تذوب فى الماء بكمية ليست من الكبر أو الأهمية التى تؤثر على صفات الماء.

الشب الأسود : Black alum

وهو مسحوق الشب العادى مضافا إليه نسبة حوالى ٥ ٪ من مسحوق الكربون المنشط (Activated carbon) مما يساعد على ازالة الروائح والطعم من الماء كما يسبب توفيراً فى كمية الشب المستعملة.

٢ - **الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز** (Ferrous Sulphate)

وتعرف تجارياً باسم الكوبراس (Copperas) وتركيبها الكيماوى : (ح كب أ٤) (٧ أ يد٢) ($Fe\,S\,O_4$) ($7\,H_2O$)

وهى بلورات خضراء سريعة الذوبان فى الماء ليتفاعل مع الجير المطفأ الواجب اضافته لإكمال التفاعل الكيماوى وتكوين الندف - كما أن الشوائب التى قد تتواجد فيها لا تسبب أى متاعب تذكر فى عمليات تنقية المياه وعندئذ يكون التفاعل الكيماوى كالآتى :

كبريتات الحديدوز + ايدروكسيد كلسيوم + ماء + اكسجين ←
ايدروكسيد حديديك + كبريتات كلسيوم (٤)

٤ ح كب أ٤ + ٤ كا (ا يد)٢ + ٢ أ يد٢ + أ٢ ←

٢ ح ٢ (أ يد)٦ + ٤ كا كب أ٤

$$4\,FeSO_4 + 4\,Ca(OH)_2 + 2\,HO_2 + O_2 \longrightarrow$$

$$4\,CaSO_4 + 2\,Fe(OH)_6$$

وايدروكسيد الحديديك الناتج من هذا التفاعل هو الراسب الهلامى الذى يجذب إلى سطحه المواد العالقة الدقيقة ويهبط بها إلى قاع الحوض. أما كبريتات الكلسيوم فتذوب فى الماء.

ويمتاز الترويب بكبريتات الحديدوز بالآتى :

١ - ربما كان أرخص من الترويب بالشب فى بعض الحالات.

٢ - الراسب الناتج من التفاعل الكيماوى أثقل من ذلك الذى ينتج فى حالة استعمال الشب ولذلك فهو أسرع فى الترسيب.

إلا أن استعمال كبريتات الحديدوز له المتاعب الآتية :

١ - لابد من استعمال الجير المطفأ للحصول على تفاعل كامل.

٢ - يحتاج إلى اشراف فنى دقيق.

٣ - لا يحسن استعماله إذا كانت المياه ملونة.

٤ - الجير المضاف قد يتفاعل مع بيكربونات الكلسيوم الموجود أصلا فى الماء مما ينتج عنه كربونات الكلسيوم التى قد ترسب فى شبكات المواسير.

٣ — الترويب باستعمال كبريتات الحديديك : (Ferric sulphate)

وتعرف تجارياً باسم (Feerrisul or ferrifloc) وتركيبها الكيماوى :

ح ٢ (كب أ ٤) ٣ — $Fe_2(SO_4)_3$

ويفضل اضافتها إلى الماء على شكل مسحوق إذ أن محلولها فى الماء يسبب تآكلا فى المعادن . وعند اضافة كبريتات الحديديك إلى الماء يتم التفاعل الكيماوى على الصورة التالية :

كبريتات الحديديك + بيكربونات الكلسيوم ——>
ايدروكسيد حديديك + كبريتات كلسيوم + ثانى أكسيد كربون (٥)

ح ٢ (كب أ ٤)٣ + ٣ كا (ك أ ٣ يد)٢ ——> ٢ ح (أ يد)٣ + ٣ كا كب أ ٤ + ٦ ك أ ٢

$$6CO_2 + 3CaSO_4 + 2Fe(OH)_3 \longleftarrow 3Ca(HCO_3)_2 + Fe_2(SO_4)_3$$

٤ — الترويب باستعمال كلوريد الحديديك : (Ferric chlaride)

وتركيبه الكيماوى ح كل ٣ ($Fe\ Cl_3$)

ولمحلوله تأثير شديد على المعادن مسبباً تآكلها ولذلك فأنه يجب الاحتياط عند استعماله — وعند اضافة كلورور الحديديك إلى الماء يتم التفاعل الكيماوى على الصورة الآتية مع القلوية الطبيعية فى الماء على هيئة بيكربونات كلسيوم :

كلوريد الحديديك — بيكربونات كلسيوم ——>
ايدروكسيد الحديديك + كلوريد الكلسيوم + ثانى أكسيد كربون (٦)

٢ ح كل ٣ + ٣ كا (ك أ ٣ يد)٢ ——> ٢ ح (أ يد)٣ + ٤ كا كل ٢ + ٦ ك أ ٢

$$6\,CO_2 + 3\,CaCl_2 + 2\,Fe(OH)_3 \longleftarrow 3\,Ca(O_3HC)_2 + 2\,Fe\,Cl_3$$

كما يتفاعل كلوريد الحديديك مع القلوية المضافة إلى الماء على هيئة ايدروكسيد كلسيوم كالآتى :

كلوريد الحديديك + ايدروكسيد كلسيوم ←
ايدروكسيد الحديديك + كلوريد الكلسيوم (٧)

٢ ح كل ٣ + ٣ كا (آيد) ٢ ← ٢ ح (آيد) ٣ + ٣ كا كل ٢

$$3\,Ca\,Cl_2 + Fe\,(OH)_2 \leftarrow 3\,Ca\,(OH)_2 + 2\,Fe\,Cl_3$$

٥ — **الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز المكلورة** — وهى مزيج من كبريتات الحديديك وكلوريد الحديديك — وهى تصنع فى الموقع أى فى محطة تنقية المياه بامرار غاز الكلور على محلول كبريتات الحديدوز بنسبة ١ : ٧,٨ فيتأكسد كبريتات الحديدوز إلى كبريتات الحديديك كما يتكون كلوريد الحديديك . كما يتضح فى المعادلة : —

كبريتات الحديدوز + كلور ← كبريتات الحديديك + كلوريد الحديديك + ماء

٣ (ح كب أ ٤ ٧ آيد ٢) + ١,٥ كل ٢ ← ح ٢ (كب أ ٤) ٣ + ح كل ٣ + ٢١ آيد ٢

$$21\,H_2O + Fe\,Cl_3 + Fe_2\,(SO_4)_3 \leftarrow 1.5\,Cl_2 + 3\,(Fe\,SO_4\,7\,OH_2)$$

وعند اضافة كبريتات الحديدوز المكلورة إلى الماء يتم التفاعل الكيمائى على الصورة التى سبق ذكرها عند اضافة كلوريد الحديديك وكبريتات الحديديك مجتمعتين .

وتتميز جميع أملاح الحديد كروبات بالآتى :

١ — فى جميع عمليات الترويب التى تتم باستعمال أملاح الحديدوز أو الحديديك يتكون راسب من ندف هلامية تركيبها الكيماوى ايدروكسيد الحديديك ($Fe\,(OH)_3$)

٢ — لا تسبب متاعب فى المرشحات .

٣ — تزيل اللون من المياه أثناء عمليتى الترويب والترسيب .

٤ — تساعد على ازالة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة فى الماء .

٥ — تساعد على ازالة الطعم والرائحة الناتجة من وجود الغازات مثل كبريتور الهيدروجين فى الماء .

٦ — محاليل هذه المروبات قوية التفاعل مع المعادن مسببة لها التآكل مما يوجب الحيطة عند استعمالها وذلك بتحضيرها ونقلها فى معدات خاصة مبطنة بالزجاج أو المطاط أو القيشانى أو الحديد الذى لا يصدأ .

٧ — هذه الندف المتكونة من التفاعل الكيماوى أثقل من تلك التى تتكون باستعمال الشبــو لذلك ترسب بسرعة أكبر بعد أن تجذب إلى سطحها المواد الدقيقة العالقة .

أما ألومنيات الصوديوم وتركيبها الكيماوى Na Al2O فلا تستعمل كثيراً فى عمليات المياه الكبرى لارتفاع ثمنها .

وكذلك كبريتات الألمنيوم النوشادرية (وتركيبها الكيماوى

$(NH_4)_2 SO_4 Al_2 (SO_4)_3 \; 24 \; H_2O$

فلا تستعمل كثيراً فى العمليات الكبيرة لتنقية المياه — بل يقتصر استعمالها على العمليات الصغيرة مثل حمامات السباحة وبعض الصناعات الخفيفة .

جرعة الكيماويات المروية المستعملة Chemicals doses

يمكن نظريا تحديد جرعة الكيماويات المستعملة فى ترويب الماء من المعادلات الكيماوية السابقة وذلك بمعرفة الوزن الجزيئى وتكافؤ كل من

من الكيماويات المستعملة – إلا أنه من الناحية العملية فان جرعة المروبات تختلف تبعاً للعوامل الآتية :

١ – كمية المواد العالقة : فكلما زادت المواد العالقة فى الماء احتاج الأمر لاستعمال جرعات أكبر .

٢ – حجم المواد العالقة : فكلما كانت المواد العالقة دقيقة الحجم احتاج الأمر لكميات أكبر من المواد المروبة .

٣ – التركيب المعدنى وكمية الأملاح الموجودة فى الماء .

٤ – درجة قلوية الماء وحموضتها (Akalinity &Acidity) فهناك مروبات تجود نتائج استعمالها إذا كانت المياه تميل إلى القلوية و مروبات أخرى تعطى نتائج جيدة إذا كانت المياه تميل إلى الحموضة .

٥ – جودة التقليب لنشر المروب فى الماء : إذ أنه لجودة الترويب يجب العمل على نشر المواد المروبة فى الماء بسرعة و بانتظام فى جميع حجم الماء

٦ – درجة الحرارة : فعندما تزيد درجة الحرارة يصعب تكوين الندف (Floc) مما يضطرنا إلى زيادة كمية الكيماويات المروبة فى الصيف عنها فى الشتاء .

٧ – كما يلاحظ صعوبة ترويب المياه النقية نوعاً و ذلك لعدم وجود ذرات رفيعة فى الماء تعمل كنواة تتجمع عليه الندف (Nuleii) ولذلك نلجأ فى بعض الأحوال إلى اضافة طمى دقيق بنسب مختلفة – هذا الطمى يعمل كنواه تتجمع حولها الندف .

٨ – درجة تركيز الأيون الهيدروجينى (pH) : إذ أن هذه تؤثر على سرعة ظهور الندف فى الماء . والجدول (٨ – ١) يبين درجة تركيز

الأيون الايدروجينى المناسبة لسرعة ظهور ندف المروبات المختلفة .

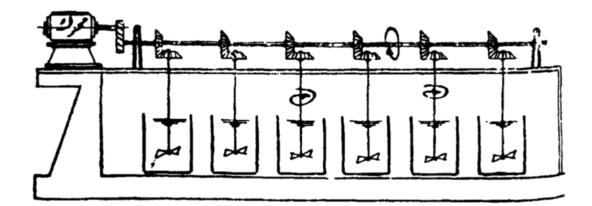
جدول ٨ — ١

درجة تركيز الأيون الايدروجينى للمروبات

المروب	تركيز الأيون الايدروجينى المناسب
الشب	من ٤ إلى ٧
كلورور الحديديك	من ٣,٥ إلى ٧ ثم من ٨,٥ فأكثر
كبريتات الحديدوز	من ٨,٥ فأكثر
كبريتات الحديديك	من ٣,٥ إلى ٦,٥ ثم من ٨,٥ فأكثر

والطريقة العملية لتقدير جرعة المواد الكيماوية المروبة الواجب استعمالها هو القيام بعمل تجربة (Jar Test) والجهاز الخاص بالتجربة يتكون من ستة كاسات سعة كل منها لتر وبداخل كل كأس خلاط على أن تدار جميع الخلاطات بمحرك واحد (شكل ٨ — ٢) .

ولاجراء التجربة يضاف المواد الكيماوية بنسب مختلفة إلى الماء الموجود فى الكاسات ثم يشغل الخلاط بسرعة لمدة دقيقة ثم ببطء لمدة ثلاثين دقيقة —



(شكل رقم ٨ — ٢)

فى خلالها تبتدىء الندف فى الظهور — ثم يوقف الخلاط عن الحركة فتبتدى الندف فى الرسوب .

وبمقارنة شكل الندف وسرعة رسوبها فى الكاسات المختلفة يمكن معرفة نسبة الكيماويات التى أعطيت نتائج طيبة ومن ثم يمكن تقريرها للاستعمال فى ترويب المياه — وهذه التجربة لابد من اجرائها مرة واحدة على الأقل يومياً وذلك لتحديد جرعة الكيماويات المستعملة فى المحطة خلال ذلك اليوم إذ ان صفات المياه قد تتغير من يوم إلى يوم تبعاً للظروف التى يتعرض لها مصدر المياه .

والجدول رقم (٨ — ٢) يبين الجرعات المختلفة المستعملة لاضافة المواد الكيماوية المروبة للمياه .

جدول رقم (٨ — ٢)

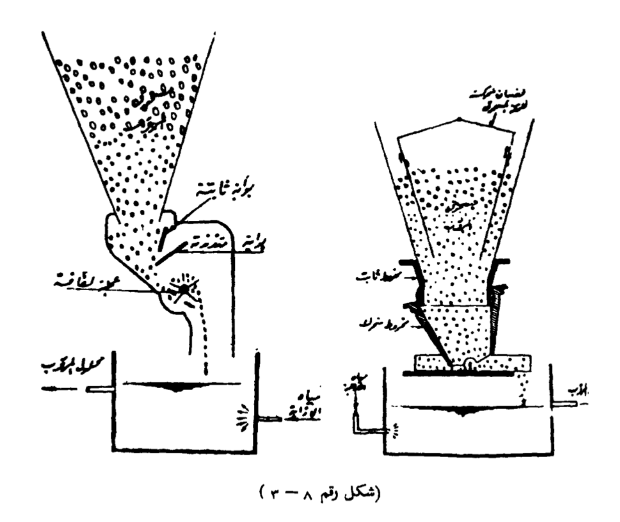
جرعات المواد الكيماوية المروبة

المـــاء	الجرعة جزء فى المليـون
كبريتات الألمنيوم (الشب)	٥ — > ٨٠
كلورايد الحديديك	٨ — > ٥٠
كبريتات الحديديك	٨ — > ٥٠
كبريتات الحديدوز	٥ — > ٥٠

طرق اضافة الكيماويات للماء Feedihg Mechanism

تنقسم الأجهزة المستعملة لتغذية الماء بالكيماويات إلى نوعين رئيسيين :

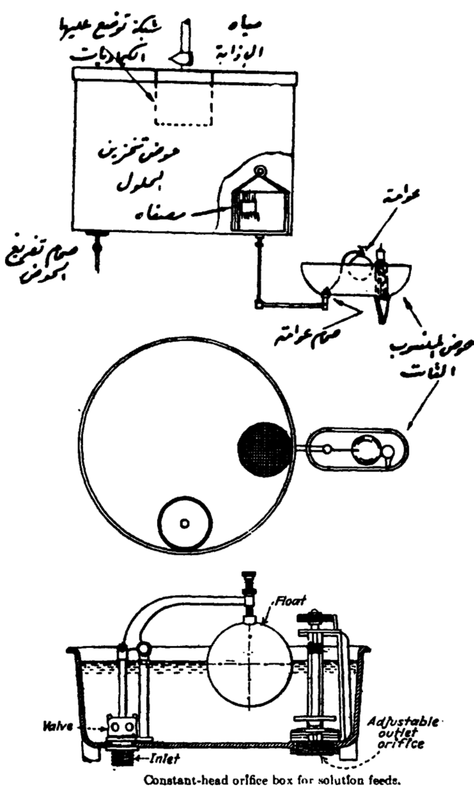
١ — أجهزة تغذية الكيماويات على شكل مسحوق (Dry feeding): (شكل ٨ — ٣) :-



(شكل رقم ٨ — ٣)

وبواسطة هذه الأجهزة يتم التحكم فى معدل إضافة المروب إلى الماء قبل إذابته أى وهو على هيئة مسحوق ، ويتم التحكم فى هذه الأجهزة أما بوزن المسحوق قبل اضافته (gravuimetic control) أو بقياس حجم المسحوق قبل اضافته (Volumetric control)— وفى كلتا الحالتين يضبط الجهاز بحيث تكون النسبة بين جرعة المروب كسخوق إلى كمية المياه المعالجة كما سبق تحديدها بتجربة jar - test السابق شرحها .

١ — اجهزة تغذية الكيماويات على هيئة محلول (Solution feed :) (شكل ٨ — ٤) :



Constant-head orifice box for solution feeds.

(شكل رقم ٨ — ٤)

وبواسطة هذه الأجهزة يتم التحكم فى معدل اضافة المروب إلى الماء بعد اذابته وتكوين محلول معلوم التركيز. ويتم التحكم فى هذه الأجهزة اما بوزن المحلول قبل اضافته (gravimetric feed) أو بقياس حجمه (volumetric feed)

وأجهزة اضافة المروب على هيئة محلول معلوم التركيز وبواسطة التحكم فى حجم المحلول المضاف هى أكثر الطرق استعمالا نظرا لسهولة تشغيلها وصيانتها والتحكم فى الجرعة المضافة إلى الماء.

وتتلخص الطريقة فى تحضير محلول المادة الكيماوية المراد تغذية الماء بها بتركيز حوالى ٥ ٪ (يتراوح من ١ ٪ – ٢٠ ٪) فى أحواض خرسانية مبطنة بالتيشانى أو الخشب أو المطاط أو البيتومين لوقاية الخرسانة من التآكل إذ أن بعض هذه المواد الكيماوية يتفاعل مع الأسمنت مسببا تآكلا للسطح الخرسانى.

وتتم عملية الاذابة بوضع المادة الكيماوية على ألواح خشبية وتسليط خرطوم من الماء عليها حتى تتم اذابتها مع دوام التحريك والتقليب بأذرع خشبية لاتمام عملية الاذابة ولحفظ تجانس المحلول ويحسن أن يكون فى محطة المياه أكثر من حوض للاذابة (ثلاثة على الأقل) تعمل كلها بالتوالى دون انقطاع.

بعد أن يتم تحضير المحلول ينتقل فى داخل مواسير من المطاط أو البكاليت أو الحديد المبطن بالرصاص إلى حوض التغذية وهو حوض صغير يدخل إليه المحلول خلال صمام عوامة (float valve) وذلك للاحتفاظ بمنسوب ثابت فى الحوض وبذلك يمكن موازنة التصرف الخارج من حوض التغذية – ويمر المحلول من هذا الحوض ، الثابت المنسوب ، إلى صنابير فى قاعة تصب فى كاسات زجاجية تخرج منها مواسير تحمل المحلول إلى الماء المراد تغذيته – وكل صنبور من هذه الصنابير مزودة بقرص مدرج ويتغير فتحة

الصنبور يتحرك مؤشر على القرص المدرج ليبين التصرف الخارج من الصنبور .

وبديهي أنه بعد تقدير جرعة المروب المطلوب اضافتها بواسطة جهاز (Jar Test) يضبط جهاز التغذية ليعطى التصرف المناسب الذى يغذى الماء بالجرعة المطلوبة .

كما أن هناك طرقاً أكثر تعقيداً لتغذية المياه بمحاليل الكيماويات يمكن بواسطتها التحكم آلياً فى كمية المحلول المضافة إلى الماء وتغيير هذه الكمية باستمرار مع تغير تصرف المياه المطلوب تنقيته .

احواض مزج الكيماويات المروبة بالماء Mixing tanks

بعد اضافة المروب إلى الماء يجب أن يمزجا مزجا تاماً وذلك لضمان جودة الترويب — ويتم ذلك المزج على خطوتين . ولكل من الخطوتين أكثر من طريقة لتنفيذها :

آ — المزج السريع (Flash mix) :

والغرض منه هو العمل على انتشار المادة الكيمائية بسرعة فى جسم المياه بانتظام .

ب — المزج البطىء أو الترويب :

(Gentle mix - gentle agitation, Floculation, Coagulation)

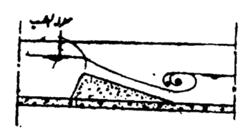
والغرض منه تقليب الماء بما فيه من كيماويات تقليبا بطيئاً لمدة كافية يتم فيها التفاعل الكيماوى — إذ أن لهذا التقليب فائدة كبيرة فى اتمام التفاعل كما أن لدوام التقليب خلال هذه الفترة بقاء للندف المتكونة فى حركة دائمة مما يساعد على التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطحها

حتى إذا ما أعطيت فرصة للرسوب فيما بعد رسبت بما عليها من مواد التصقت بها بسرعة إلى قاع حوض الترسيب .

طرق المزج السريع (Flash mixing tanks) :

يتم المزج السريع بأحد الطرق الآتية :

(ا) اضافة محلول المادة المروبة للماء فوق (upstream) هدار ذ وموجة ثابتة (standing wave weir) – شكل رقم (٨–٥) و بمرور المحلول والماء فى هذه الموجة الثابتة يتم المزج السريع بينهما .

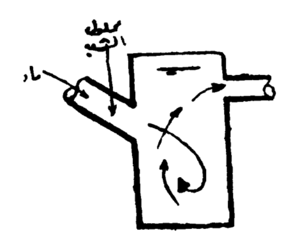


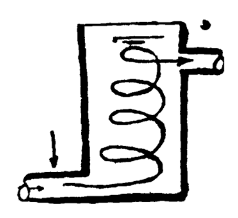
(شكل رقم ٨ — ٥)

(ب) اضافة محلول المادة الكيماوية فى ماسورة سحب طلمبة الضغط الواطى وبذلك يضمن المزج بفعل دوران مراوح الطلمبة — إلا ان هذه الطريقة غير مستحبة نظراً لاحتمال تآكل مراوح الطلمبة نتيجة تفاعل كيماوى بين المواد الكيماوية ومادة المروحة .

(ج) المزج باحداث دوامات فى الحوض(Vortex or spiral flow tanks)

هذه الدوامات كافية لأن ينتشر المحلول فى داخل جسم الماء — ويصمم هذا الحوض بحيث تكون مدة مكث الماء فيه حوالى دقيقة أى أن حجمه يساوى التصرف فى دقيقة واحدة . (شكل ٨ — ٦) - على أن تكون الدوامة اما راسية المحور أو أفقية .



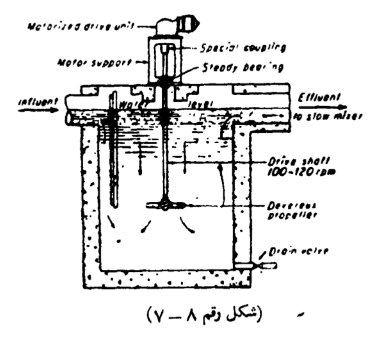


(شكل رقم ٨ـ ٦)

(د) المزج الميكانيكى بخلاط سريع الدوران (شكل ٨ – ٧) :

Mechanical Agitation With High Speed Paddle

وهذه الطريقة تتلخص فى اضافة محلول المروب إلى الماء فى حوض خرسانى سعته مقدرة بحيث يبقى الماء فيه لمدة حوالى الدقيقة الواحدة – وفى



(شكل رقم ٨ – ٧)

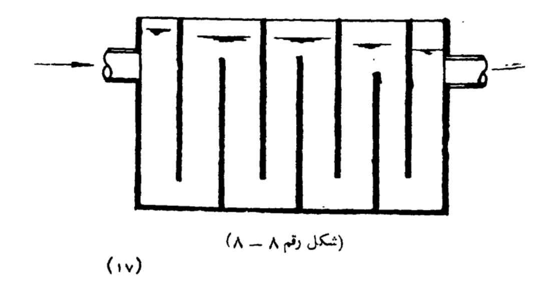
بس الوقت مركب على هذا الحوض خلاط سريع الدوران
ح عن دورانه فى الحوض مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً .

طرق المزج البطىء (Methods of flocculation)

يتم المزج البطىء أو ما يسمى أحيانا بالترويب باستخدام أحواض خاصة تسمى بأحواض الترويب flacculation or gentle agitation tanks وهى على أنواع :

(ا) أحواض ذات حوائط حائلة لتوجيه سير الماء (Baffled mixing tanks) وهذه تنقسم إلى :

١ – احواض مقسمة رأسياً بواسطة حوائط حائلة وهدرات – over & under flow وفى هذه الحوض تمر المياه رأسياً تحت الحوائط الحائلة و فوق الهدرات و بسرعة محدثة دوامات تعمل على مزج محتويات الحوض مزجاً جيداً (شكل ٨ – ٨) .

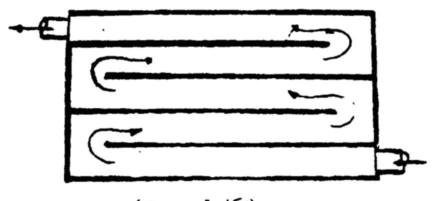


(شكل رقم ٨ – ٨)

٢ ــ أحواض مقسمة أفقياً بحوائط حائلة :

around the end baffled tank

وفى هذا الحوض تمر المياه أفقياً حول الحوائط المقامة فى الحوض ويسبب تغيير اتجاه المياه دوامات تعمل على مزج محتويات الحوض مزجا تاماً (شكل ٨ ــ ٩) .



(شكل رقم ٨ ــ ٩)

أسس تصميم الأحواض ذات الحوائط الحائلة :

١ ــ المسافة بين الحوائط الحائلة ٦٠ سم .

٢ ــ سرعة المياه بين الحوائط الحائلة حوالى ٣٠ سم / ثانية .

٣ ــ مدة مكث الماء فى الحوض من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة ــ وبذلك يتراوح الطول الكلى لمسار الماء فى الحوض من ٣٦٠ إلى ٥٤٠ متر .

٤ ــ عمق الحوض من ٢ إلى ٣ متر .

ومن مزايا هذا النوع من الأحواض .

١ ــ شكل الحوض غير مرتبط بأجهزة ميكانيكية .

٢ ــ عدم الاحتياج لقوى ميكانيكية خارجية لضمان المزج .

٣ ــ عدم الاحتياج إلى صيانة واشراف فى التشغيل .

إلا أن عيوب هذا النوع من الأحواض هى :

١ - الفاقد فى منسوب الماء بين المدخل والمخرج كبير نظراً للفاقد فى الاحتكاك أثناء سير المياه وكذلك للفاقد نتيجة تغير اتجاه سير المياه أكثر من مرة فى الحوض .

- عدم القدرة على التحكم فى سرعة جريان المياه داخل الحوض نظراً لاختلافها باختلاف تصرف المحطة .

هذه الأحواض لا تستعمل بكثرة حالياً فى محطات تنقية المياه الكبرى .

(ب) استخدام أحواض التقليب الميكانيكى :

Mechanical flocculation tanks

وهذا النوع من الأحواض صار الآن أكثر انتشاراً فى عمليات المياه الكبرى وذلك نظراً للمزايا الآتية التى يتصف بها .

١ - استعماله يؤدى إلى وفر المواد الكيماوية .

٢ - الماء الناتج منه أكثر صفاء من المياه الناتجة من أحواض أخرى

٣ - مرونة التشغيل وسهولة التحكم فى سير الماء .

٤ - الفاقد فى منسوب الماء بين المدخل والمخرج بسيط جداً .

٥ - رخص التكاليف الانشائية والتشغيلية .

هناك نوعان لهذه الأحواض :

١ - الأحواض مزود بقلابات عبارة عن مجموعة من الاطارات الخشبية (Rotating paddle) تلف بقوة موتور حول محور داخل الماء بسرعة تسمح بحفظ الندف عالقة فى الماء دون أن تفتتها إلى أجزاء صغيرة يصعب فيما بعد ترسيبها .

وتنقسم هذه الأحواض إلى ثلاثة أقسام بالنسبة لوضع الاطارات الدوارة داخل الحوض :

١ - أحواض ذات أطارات عرضية (Transversal) أى أن محور دوران الاطار عمودى على اتجاه سير المياه (شكل ٨-١٠)

٢ - أحواض ذات اطارات طولية (Longitudinal) أى أن محور دوران الاطار موازى لا تجاه سير المياه (شكل رقم ٨ - ١١) .

٣ - أحواض ذات اطارات رأسية (Vertical) أى أن محور دوران الاطار رأسى (شكل رقم ٨-١٢).

اسس تصميم أحواض الترويب ذات الاطارات اللفافة :

mixing tanks with rotating paddles

١ - مدة مكث الماء فى الحوض من ٣٠ إلى ٤٥ دقيقة .

٢ - عمق الحوض من ٢ إلى ٣ متر .

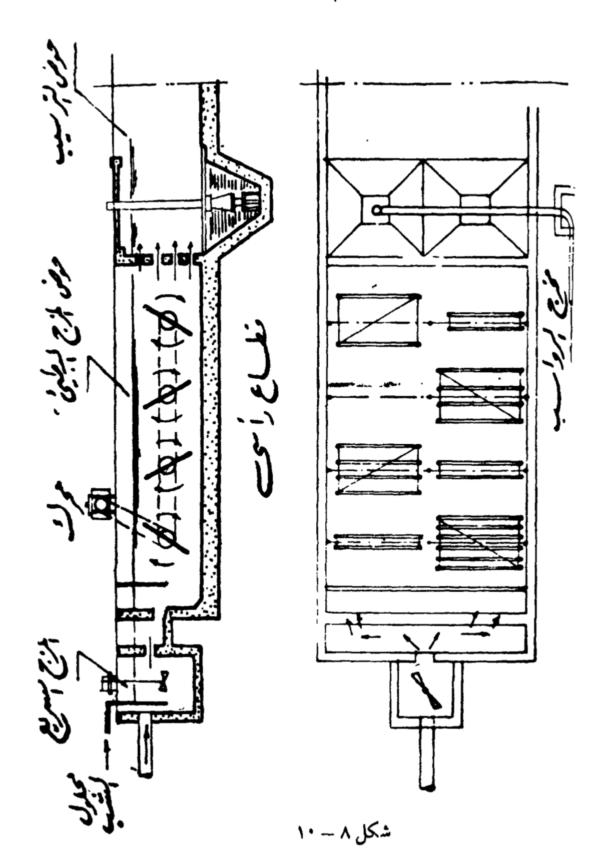
٣ - قطر الاطارات الأفقية المحور يقل عن عمق الحوض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً .

٤ - ارتفاع الاطارات الرأسية المحور يقل عن عمق الحوض بحوالى ثلاثين سنتيمتراً .

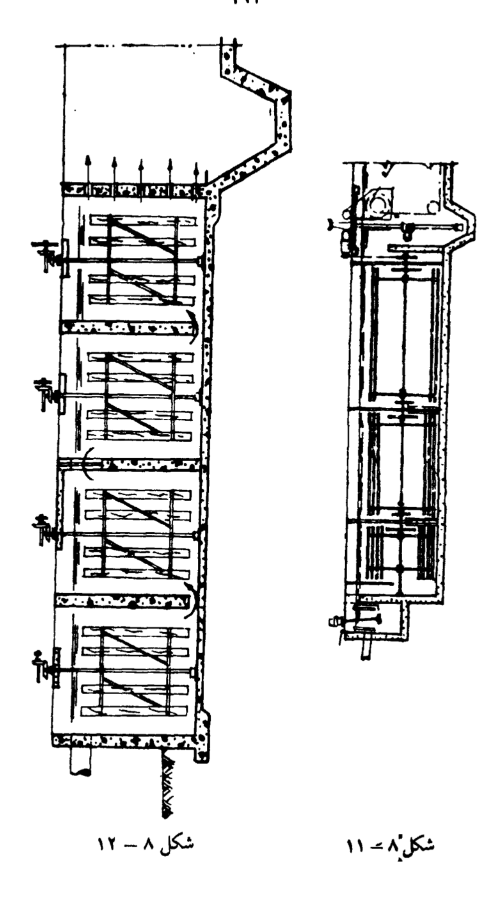
٥ - تدور الاطارات بسرعة محيطية (tangential.el) حوالى ثلاثين سنتيمتراً / الثانية .

٦ - تدور الاطارات الأفقية المحور بحيث يسير الطرف العلوى للاطار فى اتجاه سير المياه .

٧ - يحتوى الحوض على ثلاثة صفوف من الاطارات على الأقل .



شكل ٨ – ١٠



شكل ٨ – ١٢

شكل ٨ – ١١

٨ - المساحة الصافية (net area) لاطارات الصف الأول تساوى ٣٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

٩ - المساحة الصافية لاطارات الصف الثانى تساوى ٢٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

١٠- المساحة الصافية لاطارات الصف الثالث تساوى ١٥ ٪ من المساحة المائية التى تدور فيها .

والغرض من هذا النقص فى نسبة مساحة الاطارات كلما بعدنا عن المدخل هو تهدئة حركة التقليب لتفادى تكسير الندف بالقرب من نهاية الحوض .

مثـال :

صمم حوض الترويب الميكانيكى ذو الاطارات اللفافة العرضية اللازمة لمعالجة ٤٠٠٠ متر مكعب يومياً . وضح المقاسات الرئيسية بالرسم .

الحـل :

بفرض مدة مكث الماء فى الحوض ٤٠ دقيقة

∴ سعة الحوض = $\frac{٤٠ \times ٤٠٠٠}{٦٠ \times ٢٤}$ = ١١٠ متر٣

بفرض عمق الحوض = ٢,٢٠ متر

∴ المساحة السطحية = ٥٠ متر

∴ قطر الاطارات اللفافة = ١,٩ متر

فاذا كان الحوض يحتوى على ثلاثة صفوف من الاطارات .

∴ طول الحوض يجب ألا يقل عن المسافة الكافية لدوران الاطارات أو أكثر من ٥,٧ . متر

فاذا كان الطول = ٦,٢٥ متر ∴ العرض = ٨ متر

المساحة المائية التى تدور فيها الاطارات = العرض × العمق .

.·. مساحة الاطارات للصف الأول = ٨ × ٢,٢ × ٠,٣٥ = ٦,١٦ متر ٢

.·. مساحة الاطارات للصف الثانى = ٨ × ٢,٢ × ٠,٢٥ = ٤,٤ متر ٢

.·. مساحة الاطارات للصف الثالث = ٨ × ٢,٢ × ٠,١٥ = ٢,٦٤ متر ٢

عدد الاطارات فى الصف الواحد = ٢ وعرض الاطار = ٣,٥ متر

وعرض اللوح الخشبى = ١٥ سم

.·. المساحة الكلية للوح الخشبى = ٢ × ٣,٥ × ٠,١٥ = ١,٠٥ متر ٢

.·. عدد الألواح الخشبية فى اطارات الصف الأول = $\frac{٦,١٦}{١,٠٥}$ = ٦

.·. عدد الألواح الخشبية فى اطارات الصف الثانى = $\frac{٤,٤}{١,٠٥}$ = ٤

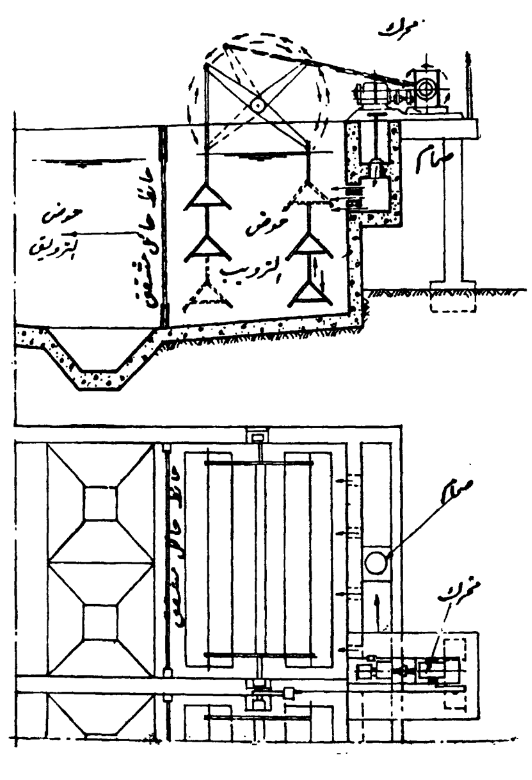
.·. عدد الألواح الخشبية فى اطارات الصف الثالث = $\frac{٢,٦٤}{١,٠٥}$ = ٢

٢ – أحواض الترويب (Walking Beam Flocculator) (شكل ٨ – ١٣)

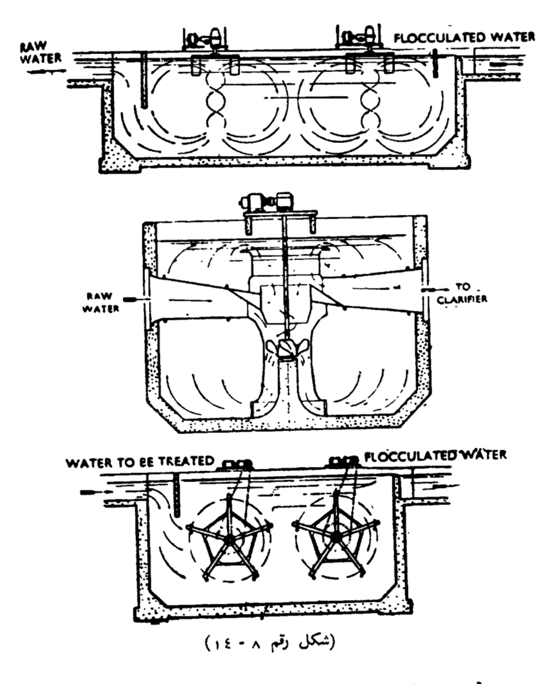
ويتم التقليب فى هذا الحوض بواسطة كمرات خشبية تتحرك إلى أعلى وأسفل فى جسم الماء بواسطة محرك كهربائى – هذه الحركة يتولد عنها اضطراب جسم الماء وتقليبه ليتم التفاعل الكيماوى وتكوين الندف دون أن ترسب فى قاع الحوض .

ومدة المكث فى هذا الحوض حوالى ٣٠ دقيقة وتمتاز هذه الطريقة أن محور الحركة فوق سطح الماء مما يسهل الصيانة الاصلاح عند الحاجة دون الاضطرار إلى تفريغ الحوض .

كما أن هناك أحواض أخرى للترويب يتبع فيها التقليب الميكانيكى موضحة فى الشكل (٨–١٤)


محرك
صمام
حوض الترويق
حائط حاجز مثقب
حوض الترويب
صمام
محرك
حائط حاجز مثقب

(شكل رقم ٨ — ١٣)



(شكل رقم ٨ - ١٤)

(ج) أحواض الترويب بالهواء المضغوط Flocculation with diffused air

وفى هذه الأحواض يتم التقليب بواسطة ضغط الهواء فى مواسير مثقبة موضوعة فى قاع الحوض فيخرج الهواء من الثقوب على شكل فقاقيع تحدث التقليب المطلوب عنه تصاعدها فى الهواء .

وأسس تصميم هذه الأحواض هى :

١ — يتراوح العمق بين ٣ مترات و ٤٫٥ مترات .

٢ — المسافة بين مواسير الهواء المضغوط حوالى متر واحد .

٣ — قطر الثقوب فى المواسير « $\frac{1}{16}$" » .

٤ — المسافة بين الثقوب على الماسورة من ١٠ إلى ١٥ سم .

٥ — كمية الهواء المستعملة حوالى نصف قدم مكعب /قدم مربع / الدقيقة أى ٥٫١ متر٣/ متر٢ / دقيقة . وهذه الطريقة تعطى نتائج عالية وتمتاز بالآتى :

١ — مرونة التشغيل .

٢ — صغر التكاليف الانشائية مع سهولة التشغيل .

٣ — تهوية المياه وازالة ما قد يكون بها من غازات بالاضافة إلى التقليب .

إلا أن لها العيوب الآتية :

١ — عدم انتظام التقليب ما بين سطح الحوض وقاع الحوض .

٢ — احتمال سدّ الثقوب نتيجة دخول بعض الرواسب .

احواض الترويق (Clarifiers)

بعد أن تتم عمليتى المزج السريع ثم المزج البطىء تمر المياه فى أحواض ترسيب تسمى بأحواض الترويق حيث تهبط الندف المتكونة فى أحواض الترويب بما جذبت إلى سطحها من مواد عالقة ، إلى قاع الحوض .

وأحواض الترويق فى هذه الحالة لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعى كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها وطرق تصميم الحوض لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعى — وأحواض الترويق مختلفة الأنواع إلا أنها

جميعها تتفق فى الأسس الرئيسية للتصميم وأن اختلفت فى بعض التفاصيل .

الأسس الرئيسية لتصميم أحواض الترويق :

١ – المسقط الأفقى للحوض أما مستطيل طوله حوالى ثلاثة أمثال العرض – أو مربع أو دائرى .

٢ – عمق الحوض يتراوح من ٣ متر إلى ٤ متر .

٣ – مدة مكث الماء فى الحوض لا يتجاوز ثلاثة ساعات .

٤ – السرعة فى الأحواض ذات التصرف الأفقى لا تزيد عن ٣٠ سم / دقيقة .

٥ – معدل التحميل السطحى(overflow rate)لا يتجاوز ٤٥ متر ٣/ متر٢/يوم .

٦ – معدل التصرف على المتر الطولى لهدار المخرج لا يتجاوز ٥٠ متر٣ للمتر الطولى فى الساعة ويفضل الا يزيد عن ٢٥ متر ٣ للمتر الطولى فى الساعة .

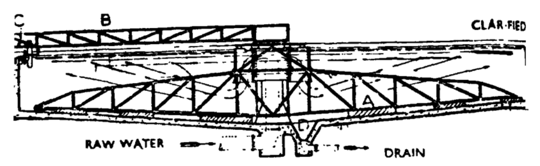
انواع احواض الترويق

١ – أحواض ترويق دائرى ذات تصرف قطرى (شكل ٨ – ١٥)(٨–١٦)

Radial flow circular tanks

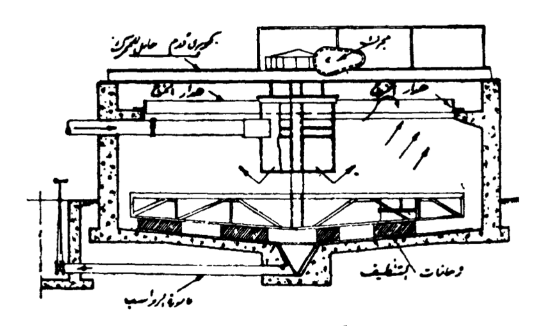
وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى ماسورة حتى محور الحوض ومن ثم تخرج من الماسورة فتسير فى اتجاه قطرى حتى هدار مركب على طول محيط الحوض .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات (scrapers) تدور بواسطة محرك على كوبرى يرتكز قطرياً على الحائط الدائرى للحوض – وعند دوران



The raw water is admitted at the centre via a distribution chamber
Two arms carrying scrapers A revolve around the centre and deliver the sludge into concea pit D, from where it is automatically extracted
The revolving arms are driven by walk-way B, the end of which travels on a rail fixed on the per wall of the settling tank It is at this position C that the motorized reduction unit driving the mec is installed The clarified water is drawn off via a peripheral trough


شكل رقم ٨ — ١٥



(شكل رقم ٨ — ١٦)

زحافات تكسح ما أمامها من رواسب إلى هرم أو مخروط مقلوب فى محور الحوض — ومن هذا الهرم المقلوب تخرج ما سورة الرواسب التى يتم تشغيلها بواسطة محبس خاص (شكل ٨ — ١٦).

وبالاضافة إلى أسس التصميم السابق ذكرها لأحواض الترويق عامة فانه يجب مراعاة الشروط الآتية :

١ — يحسن ألا تنشأ هذه الأحواض بقطر يتجاوز أربعين متراً (٤٠ متر) وذلك اقتصاداً فى تكاليف الكوبرى والأجزاء الميكانيكية الخاصة بادارة الزحافات.

٢ — سرعة دوران الزحافات لا تتجاوز ٣ مترات فى الدقيقة عند محيط الحوض (tangential Vel) حتى لا تسبب اثارة للرواسب التى رسبت فى قاع الحوض مما يقلل كفيا الترويق .

٣ — يبنى قاع الحوض بحيث ينحدر انحداراً بسيطاً من المحيط إلى المركز (حوالى ١ : ٤٠) وذلك لمساعدة الزحافات فى توجيه الرواسب إلى مركز الحوض حيث يوجد الهرم المقلوب الذى تخوج منه الرواسب .

العيوب الرئيسية لهذا النوع من الأحواض هى :

١ — أحيانا توضع ماسورة الرواسب تحت الحوض حتى تصل إلى المحور (شكل ٨ — ١٥) فاذا حدث أى هبوط فى الحوض أدى ذلك إلى كسر فى الماسورة يتعذر اصلاحه . ويمكن التغلب على هذا الوضع الماسورة فى خندق تحت الحوض وبذلك لا تتحمل الماسورة أيه أثقال من الحوض كما يمكن الوصول إلى داخل الخندق لعمل أى اصلاح للماسورة كما يمكن وضع الماسورة بحيث تدخل الحوض على منسوب عالى (شكل ٨ — ١٦) .

٢ — زيادة سرعة الماء فى الحوض عند المحور عنها بالقرب من المحيط مما قد يسبب اثارة المواد الراسبة المتراكمة عند المحور .

٣ — انخفاض السرعة بالقرب من محيط الحوض يزيد من الترسيب الذى يحدث بعيداً عن مركز الحوض حيث يوجد مخرج الرواسب

٣ — أحواض ترويق دائرية ذات تصرف أفقى

Horizontal flow circular tanks

وفى الحوض تدخل المياه فى ربع محيطه تحت حائط حائل (baffle) بطول ربع المحيط . كما تخرج المياه على هدار وبطول ربع المحيط كذلك فى الجانب المقابل من الحوض .

وطريقة تنظيف الحوض تشبه طريقة تنظيف الأحواض الدائرية ذات التصرف القطرى .

٤ — أحواض ترويق دائرية ذات تصرف حلزونى (شكل ٧ — ١٧) :

Spiral flow circular tanks

فى هذه الأحواض تدخل المياه من فتحة جانبية بارتفاع الحوض على أن توجه المياه بحيث تدخل فى اتجاه مماس لمحيط الحوض فتأخذ بذلك اتجاه دائرى لتخرج المياه على هدار بطول من ربع إلى ثلث محيط الحوض .

أما طريقة التنظيف فهى نفس الطرق المتبعة فى الأحواض الدائرية الأخرى

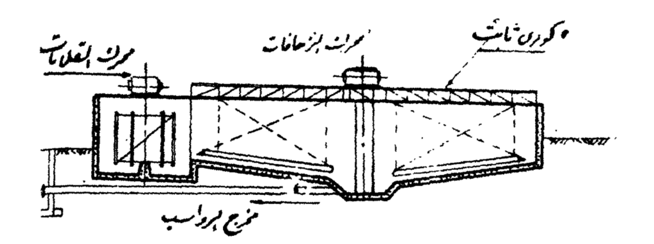
من مزايا هذا النوع من الأحواض :

١ — ماسورة المدخل لا توضع تحت أساس هذا الحوض .

٢ — حركة زحافات التنظيف فى اتجاه سير المياه فى الحوض .

٣ — ارتفاع فى كفاءة الترسيب .

٤ — مدة مكث الماء فى الحوض أقل من الأحواض الدائرية الأخرى مما يقلل من سعة الحوض ومن ثم تكاليف الانشاء .


كوبري ثابت
محرك الزحافات
محرك المقلبات
مخرج الرواسب

مدخل المياه
مخرج

(شكل رقم ٨ – ١٧)

الباب التاسع

الترشيح Filtration

الا أنه من أهم عيوب هذه الأحواض ذات التصرف الحلزونى احتمال حدوث ظاهرة اختصار المياه لمسارها فى الحوض (short circuit) مما يضعف من كفاءة الترسيب وبالتالى يحد من التوسع فى استعمالاته إلا إذا اتخذت الاحتياطات الكافية لوقف هذه الظاهرة وفيما أهم أسباب حدوث هذه الظاهرة :

١ - إذا كانت سرعة دخول الماء غير كافية لاحداث الدورة الحلزونية فان المياه قد تتجه مباشرة إلى المخرج دون أن تبقى فى الحوض مدة المكث اللازمة -- مما يضعف من كفاءة الترسيب

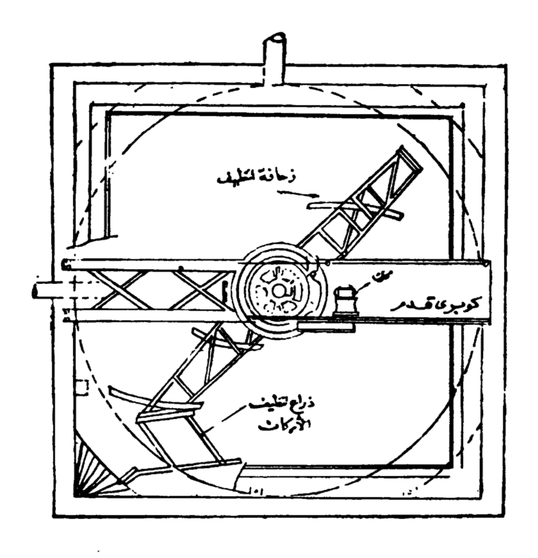
٢ - إذا كانت المياه الداخلة أكثر حرارة من المياه الموجودة بالحوض أى أقل كثافة فيندفع الماء الساخن طافياً على السطح إلى المخرج مباشرة دون أن يبقى فى الحوض مدة المكث اللازمة .

٥ - أحواض ترويق مربعة ذات تصرف أفقى (شكل ٨ - ١٨):

Horizontal flow square tanks

وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى أحد جوانب المربع تحت حائط حائل متجهة إلى الجانب المقابل حيث يوجد هدار المخرج .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات مثبته فى أزرع طولها يساوى نصف ضلع المربع وتدور حول محور فى مركز الحوض - الا أنه لما كان الحوض مربعاً فان الزحافات العادية لا يمكن أن تصل إلى أركان الحوض لتنظيفها . ولذلك يثبت فى نهاية الأزرع زحافة خاصة بالأركان تنزلق لتتمدد كلما اقتربت من الأركان وتنكمش فى مواجهة اضلاع الحوض وذلك بفعل سوستة خاصة .

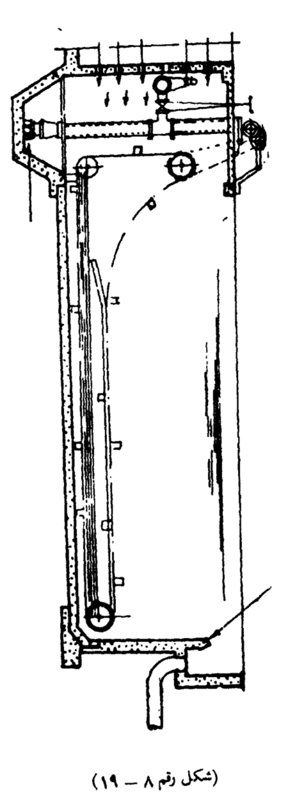


(شكل رقم ٨ — ١٨)

٦ — أحواض ترويق مستطيلة أفقية التصرف شكل (٨ — ١٩) :

Horizontal flow rectangular tanks

وفى هذه الأحواض تدخل المياه من جانب الحوض عن طريق فتحات منتشرة على العرض الكامل الحوض أو تمر تحت حائط حائل . وذلك لتنظيم سير المياه، وضمان سريانها بكامل قطاع الحوض وعدم تواجد مناطق مشلولة (dead zone) — وفى الجانب المقابل للحوض يوجد هدار المخرج .



(شكل رقم ٨ ــ ١٩)

وطريقة تنظيفه ، هذه الأحواض تطابق تنظيف أحواض الترسيب الطبيعى المستطيلة والسابق شرحها .

أحواض مشتركة للترويب والترويق

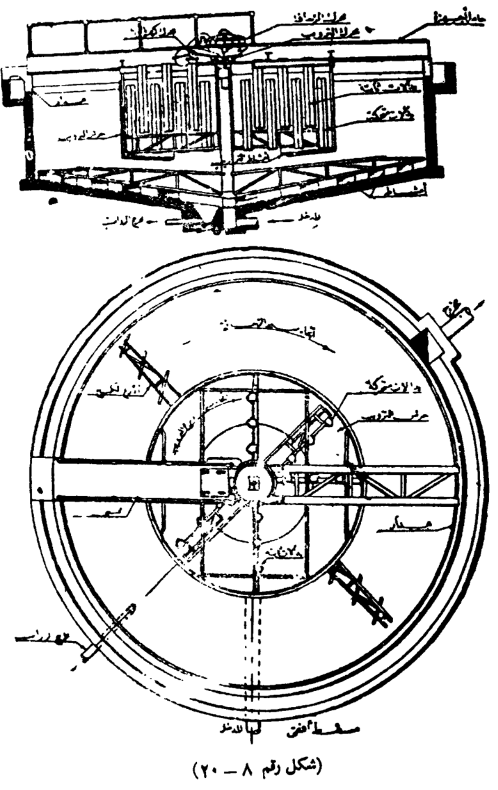
وهذه الأنواع من الأحواض قامت الشركات المعنية بتصنيع معدات تنقية المياه بانشائها وتسجيلها تحت أسماء مسجلة (Patent) محتفظة لنفسها بحق انشائها وجميع هذه الإحواض تتفق فى الفكرة الرئيسية وهى انشاء حوض الترويب على شكل أسطوانى تدخله المياه فى المحور ثم تخرج من المحيط أو من أسفله لتدخل فى حوض الترويق وهو عبارة عن اسطوانة محيطة بحوض الترويب أى أن الحوضين عبارة عن وحدة واحدة مكونة من اسطوانتين متداخلتين متحدتى المحور .

وأهم هذه الأنواع هى :

١ — Clariflocculator وهو من انتاج شركة Dorr Oliver

وفيه تدخل المياه إلى محور حوض الترويب حيث يتم التقليب بواسطة مجموعة من الأمشاط التى تدور بقوة محرك كهربائى لتتخلل أسنانها مجموعة أمشاط ثابتة وبذلك تتم عملية المزج البطىء للكيماويات المروبة بالماء .

وتخرج المياه من أسفل المروب لتسير فى اتجاه قطرى (radial flow) وفى نفس الوقت إلى أعلى لتخرج على هدار بكامل محيط حوض الترويق . مخلفة الرواسب فى قاع الحوض على أن ينظف الحوض من الرواسب بواسطة زحافات مثل التى توجد فى أحواض الترويق الدائرية العادية وتدار بواسطة محرك كهربائى خاص والشكل رقم (٨ — ٢٠) يبين قطاع ومسقط أفقى للحوض .



(شكل رقم ٨ — ٢٠)

وأهم أسس تصميم هذا الحوض هى :

١ — مد المكث فى حوض الترويب ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة .

٢ — مدة المكث فى حوض الترويق ١٠٠ إلى ١٥ دقيقة .
وبذلك تكون مدة المكث الكلية من ساعتين إلى ثلاث ساعات

٣ — سعة حوض الترويب من ١٥ إلى ٢٥ ٪ من السعة الكلية .

٤ — العمق الكلى للحوض لا يتجاوز أربعه أمتار — كما أن عمق حوض الترويب لا يتجاوز ثلاثة أمتار .

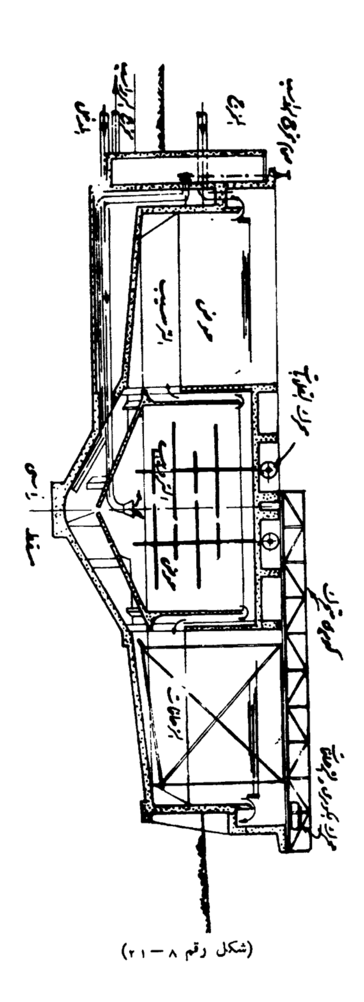
على أنه يجب مراعاة ألا تسبب خروج المياه من قاع حوض الترويب اثارة للرواسب المتجمعة فى قاع الترويق .

٢ — Bamag Clarifier وهو من انتاج شركة بماج Bamag Co.

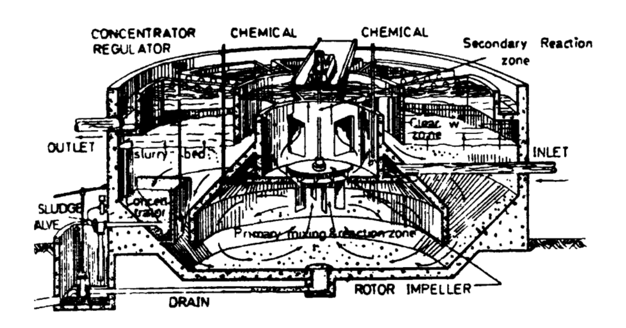
ويختلف عن سابقة فى طريقة تقليب الماء فى أحواض الترويب ففى هذا الحوض تتم عملية التقليب بأربعة اطارات أو أكثر تدور حول محاور رأسية بقوة موتورات كهربائية كما تترك المياه حوض الترويب فوق هدارات فى أعلاه ثم تتجه إلى أسفل لتمر تحت حائط حائل إلى حوض الترويق — ومن ثم تتجه فى اتجاه قطرى إلى أعلى لتمر على هدار المخرج بكامل محيط حوض الترويق (شكل ٨ — ٢١) . وأسس تصميم هذا الحوض هى نفس أسس تصميم الحوض السابق .

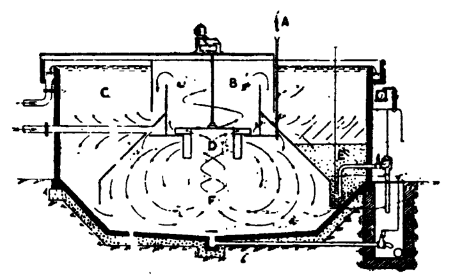
٣ — Accelator وهومن انتاج شركة Infilco co شكل رقم (٨—٢٢) :

وفى هذا الحوض تنقسم غرفة الترويب إلى قسمين قسم علوى وقسم سفلى بينهما ريش تلف بواسطة محرك كهربائى بسرعة حوالى ستة لفات فى الدقيقة — وتدخل المياه فى أعلى القسم السفلى من حوض الترويب موزعة على محيط الحوض بالكامل وموجهة إلى أسفل — إلا أن دوران الريش



(شكل رقم ٨ — ٢١)





—Diagram showing the operation of an Accelator clarifier.

A Reagent inlet.
B. Secondary reaction zone.
C. Clear water.
D Impeller.
E. Sludge concentration zone
F Primary reaction zone

(شكل رقم ٨ — ٢٢)

الموجودة ما بين جزئى حوض الترويب تعمل على اثارة الماء وسحبه إلى الجزء العلوى من حوض الترويب وعن طريق هذا التقليب للماء يتم تكوين الندف التى ترى فى حوض الترويب فى حركة و اثارة مستمرة .

و من الجزء العلوى لحوض الترويب تخرج المياه على هدارات والتوجه ثانية إلى أسفل بواسطة حائط حائل دائرى (Circular Baffle) وفى حوض الترسيب تعود وتتجه إلى أعلى إلى المخرج المكون من عدة هدارات قطرية تصب جميعها فى مخرج عمومى واحد .

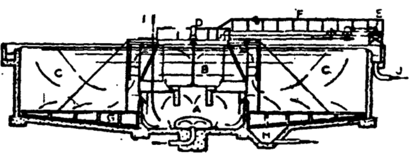
أما الندف و المواد العالقة فتهبط إلى القاع المخروطى للحوض ليدخل بعضها إلى الجزء الأسفل من حوض الترويب ليعمل كنواه يتجمع حولها المزيد من الندف و المواد العالقة الدقيقة – أما البعض الآخر فيتجمع فى جيوب موزعة على محيط الحوض تتركز فيها الرواسب (Sludge concentrator) ليخرج منها خلال صمامات تفتح وتقفل وتوماتيكياً بانتظام على فترات مقررة تبعاً لتشغيل الحوض .

وتبلغ مدة المكث الكلية للترويب والترسيب من ساعة ونصف إلى ساعتين تبعاً لكمية الرواسب ونوعها وحجم حبيباتها . كما يتميز هذا الحوض بامكان ازالة الرواسب منه تحت ضغط الماء دون الحاجة إلى تجميعه بزحافات ميكانيكية مثل تلك التى تتواجد فى الأحواض الأفقية القاع .

ويزود الحوض بصمام خاص لتفريغه .

٥ – Cyclator Clarifier (شكل ٨ – ٢٣) :

وهو يشبه إلى حد كبير فى الانشاء والتشغيل الحوض السابق الا أن قاعه أفقى – و لذلك لا بد من استعمال زحافات لتجميع الرواسب فى جيب مخروطى فى قاع الحوض . ومنه إلى خارج الحوض عن طريق صمامات تعمل أوتوماتيكياً بانتظام على فترات مقررة .



–The Cyclator clarifier.

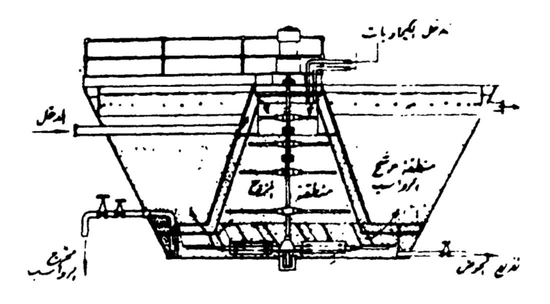
A Water inlet and primary flocculation zone.
B. Secondary flocculation zone.
C. Settling zone
D. Stirring and circulating device
E. Driving motor for the revolving arms G (by cable).
F. Fixed walk-way.
G. Sludge scraper arms.
H. Sludge pit

(شكل رقم ٨ – ٢٣)

٦ – Pricipitator وهو من انتاج شركة Permutite (شكل ٨ – ٢٤)

وهو يشبه فى الشكل العام حوض Accelator إلا أن حوض الترويب مكون من غرفة واحدة تدخل فيها الماء ومحاول الكيماويات من أعلى وأثناء مرورها إلى أسفل تتعرض لتقليب مستمر بواسطة ريش خاصة تدار ميكانيكياً ثم تخرج المياه بعد تكوين الندف من أسفل حوض الترويب – ويتجه إلى أعلى مخترقاً طبقة من الندف (SludgeBlanket) السابق تكوينها فى الحوض والمحتفظ بها عالقة فى الجزء الأسفل من الحوض . هذه الطبقة تعمل كمرشح تحجز فى مسامها الرواسب والندف العالقة بالماء – ومن ثم تصل المياه إلى المخرج المكون من عدة هدارات قطرية تصب جميعها فى مخرج عمومى واحد .

وتأخذ طبقة الرواسب والندف المعلقة فى الجزء الأسفل من الحوض فى الازدياد حجماً نتيجة لحجزها المواد العالقة حتى يصل مستوى سطحها العلوى منسوب معين فيزال بعضها عن طريق صمامات فى قاع جيوب موزعة على محيط الحوض .

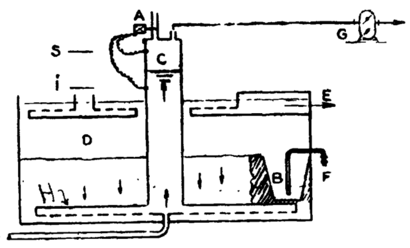


(شكل رقم ٨ — ٢٤)

٧ — المروق النابض (Pulsator) شكل (٨ — ٢٥) :

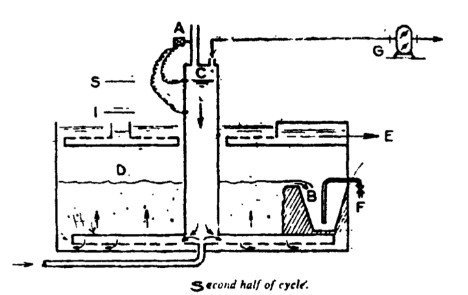
تعتمد نظرية تشغيل هذا الحوض على إدخال المياه فيه على دفعات متقاربة (كل نصف دقيقة تقريباً) — وكذلك على امرار المياه أثناء خروجها من الحوض خلال طبقة من الندف (Sludge blanket) السابق تكوينها فى الحوض والمحتفظ بها معلقة فى الجزء الأسفل من الحوض — هذه الطبقة من الرواسب المعلقة تحجز المزيد من الرواسب العالقة فى الماء أثناء مروره خلالها — على أن يتم اخراج جزء من هذه الرواسب المعلقة كلما زادت كميتها ، بعد تركيزها جيوب خاصة على جانبى الحوض . خلال صمامات تعمل أوتوماتيكيا على فترات متقاربة .

والمروق النابض كما فى (شكل ٨ — ٢٥) يتكون من حوض مستطيل أفقى القاع . مغطى بشبكة من المواسير المثقبة « H » لتدخل منها المياه إلى الحوض . كما يوجد فى أعلى الحوض شبكة أخرى من المواسير المثقبة



First half of cycle

Air valve A is closed
The water rises in the vacuum chamber C
The water in the clarifier D is at rest
The sludge settles



Second half of cycle.

The water in the vacuum chamber C reaches level S and the air valve A opens
The water in the vacuum chamber C enters the clarifier D The sludge in the clarifier rises with the water. The excess sludge enters concentrator B. The clarified water flows off at E. When the water falls to the level I in vacuum chamber C, valve A closes
The compacted sludge in concentrator B is evacuated via automatic valve F.

(شكل رقم ٨ ــ ٢٥)

« E » لتجميع المياه المروقة — وبذلك يضمن انتظام سير المياه بكامل المساحة الأفقية للحوض . وهناك أكثر من طريقة يتم بها ادخال المياه فى الحوض متقطعاً . إلا أنها جميعها تستلزم ايجاد حيز لتخزين المياه لفترة قصيرة قبل دفعها إلى الحوض وأبسط هذه الطرق هو ادخال المياه فى حجرة مفرغة « C » يسحب منها الهواء بواسطة طلمبة الهواء « G » التى تعمل على تفريغ كمية من الهواء مساوية لحجم الماء المراد دفعه فى الحوض — وتتصل الحجرة « C » بشبكة المواسير المثقبة فى قاع الحوض .

وعند تفريغ الهواء من الحجرة « C » يرتفع الماء فيها إلى المنسوب « S » (حوالى متر فوق منسوب المياه فى الحوض) فيتم اتصال كهربائى ينتج عنه فتح صمام الهواء « A » بسرعة وتوقف طلمبة سحب الهواء « G » عن العمل . وبذلك يدخل الهواء فى الحجرة المفرغة صاغطاً الماء إلى الحوض — حتى إذا ما انخفض منسوب الماء فى الحجرة المفرغة إلى المنسوب « I » ثم اتصال كهربائى ينتج عنه قفل صمام الهواء « A » واعادة تشغيل طلمبة الهواء « G » .

ويقدر الزمن اللازم للدورة الكاملة لتشغيل المروق النابض بحوالى نصف دقيقة : عشرون ثانية لملء الحجرة المفرغة بالماء . وخمسة ثوانى لتفريغ الماء منهـا .

ونتيجة لهذه الطريقة فى التشغيل تتكون طبقة من الندف والرواسب التى تبقى معلقة فى الماء فى النصف الأسفل من الحوض ، تمر خلالها المياه أثناء ارتفاعها فى الحوض — هذه الطبقـة تتحرك كوحدة متماسكة فى الحوض من أسفل إلى أعلى أثناء دخول الماء فى الحوض . ومن أعلى إلى أسفل أثناء توقف دخول الماء إلى الحوض — كما أنها تعمل عند مرور الماء خلالها كرشح

إذ تحجز فى مسامها المزيد من الندف والمواد العالقة — وبديهى أن يأخذ ارتفاع هذه الطبقة فى الإزدياد بما تحجزه باستمرار من ندف ورواسب . حتى إذا وصل مستوى سطحها العلوى إلى منسوب معين ازم ازالة بعضها عن طريق جيوب هرمية الشكل « B » على جانبى الحوض . تتركز فيها الرواسب قبل خروجها خلال الصمامات « F » التى تفتح وتقفل أوتوماتيكياً بانتظام وعلى فترات متقاربة تبعاً لتشغيل الحوض وكمية ما تحتويه المياه من رواسب.

وهناك أنواع أخرى من هذه الأحواض ، ومنها :

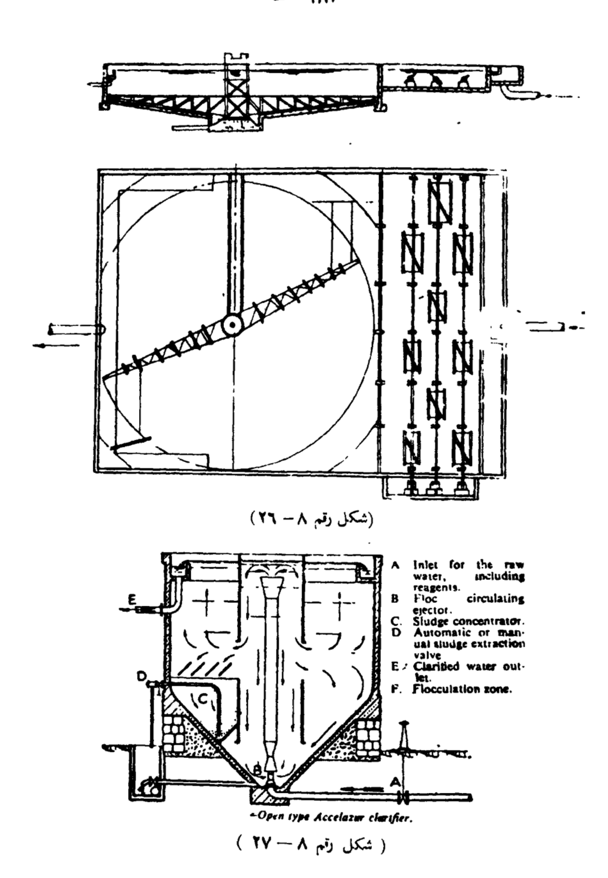
١ — Hydrator وهومن انتاج شركة Dorr Oliver Co

٢ — Reactivator وهو من انتاج شركة Graver Co.

٣ — Dorco Floc Squarex Clarifier وهو من انتاج شركة Dorr OliverCo. (شكل ٨ — ٢٦) .

٤ — Aquazur flacculator clarifier

٥ — Accelazur clarifier (شكل ٨ — ٢٧) .



(شكل رقم ٨ – ٢٦)

–Open type Accelazur clarifier.

(شكل رقم ٨ — ٢٧)

عندما يترك الماء أحواض الترويق السابق ذكرها يكون محتويا على عكارة تتراوح من ١٠ إلى ١٢ جزء فى المليون .

وعملية الترشيح هى العملية التى يتم فيها ازالة هذه العكارة عن طريق حجز المواد العالقة الغروية المسببة لها بامرار الماء خلال طبقة مسامية تحجز هذه المواد وأهم المواد التى تستعمل لهذا الغرض :

١ - الرمل Sand

٢ - فحم الانثراسيت Anthracite Coal

إلا أن أكثر المواد استعمالا هو الرمل نظراً ارخص اسعاره وعدم تغير خواصه الطبيعية أو الكيمائية بمضى الوقت وتوافره فى مناطق كثيرة .

والتغييرات التى تطرأ على الماء نتيجة لمرورها خلال طبقات المرشح هى :

١ - ازالة المواد العالقة الغروية .

٢ - نقص كبير فى عدد البكتريا الموجودة فى الماء .

٣ - إزالة اللون الذى قد يتواجد فى الماء .

٤ - يحتمل حدوث بعض تغيرات فى المواصفات الكيميائية للماء .

نظرية الترشيح Theory of filtration

وهناك نظريات عدة وتفسيرات مختلفة تحاول شرح أسباب حدوث هذه التغيرات التى تطرأ على الماء نتيجة لترشيحه خلال طبقة مسامية وأهم هذه النظريات :

١ - التصفية الميكانيكية Mechanical Straining

أى أن طبقة الرمال بما فيها من مسام تعمل كمصفاه دقيقة الفتحات تحجز المواد العالقة التى يزيد حجمها عن المسام — أما حجز المواد العالقة الغروية والبكتيريا والتى يصغر حجمها عن حجم المسام فلابد من تفسير آخر يشرح سبب حجزها فى المرشح .

٢ — المسام ما بين حبيبات الرمل تعمل كأحواض ترسيب متناهية فى الصغر :

(Voids act as minute settling tanks.)

وعلى جوانب أحواض الترسيب هذه تهبط المواد العالقة الغروية والبكتيريا لتلتصق بها وتمر المياه خلال المرشح خالية منها — وهذا التفسير يشرح سبب حجز المواد الغروية والبكتيريا فى المرشح بالرغم من أن حجمها أصغر من حجم المسام .

٣ — التصاق المواد الغروية العالقة بحبيبات الرمل

Adherence of coloids to sand grains

فعند مرور الماء بما فيه من مواد عالقة فان هذه المواد مهما كانت صغيرة ستحتك بسطح حبيبات الرمل ومن ثم تلتصق بعضها بحبيبات الرمل نظراً لعدم استواء كل من سطح حبيبات الرمل وشكل الغرويات العالقة بالماء . كما أن الالتواء فى المسام يساعد على هذا الالتصاق .

وبالاستمرار فى عملية الترشيح تأخذ المواد التى يحجزها المرشح فى مسامه فى الازدياد مما يسبب ضيقاً لهذه المسام ومن ثم زيادة فى جودة الترشيح .

٤ — التفاعلات الكهربائية (Electrolitic Action) :

وتفسير ذلك أنه من المحتمل أن حبيبات الرمل عندما تكون نظيفة . تحمل على سطحها شحنات كهربائية كما أن المواد العالقة بالماء تحمل شحنات كهربائية

من نوع آخر ، فيحدث تجاذب بينهما مما يسبب التصاق المواد العالقة بالرمل فيمر الماء من المرشح نقياً .

ويتراكم المواد العالقة على سطح حبيبات الرمال تتعادل الشحنات الكهربائية الموجودة على كل منها مع بعضها . وعندئذ يجب غسل المرشح لتجديد الشحنات الكهربائية على سطح الرمال .

٥ – التفاعلات البيولوجية (Biological Activies) :

إذ أن الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى الماء تستعمل ما يوجد فى الماء من أملاح أو مواد عضوية أو غازات ذائبة فى غذائها ونشاطها مما ينتج عنه تغير فى التركيب الكيمائى لهذه المواد – الا أن هذه الظاهرة يتوقف تأثيرها على مدة بقاء الماء فى المرشح أى على معدل الترشيح – فتزداد ظهوراً كلما طالت المدة أى قل معدل الترشيح .

أنواع المرشحات

تنقسم المرشحات إلى نوعان رئيسيان :

١ – المرشح الرملى البطىء Slow sand filtrer

٢ – المرشح الرملى السريع Rapid sand filter

وهذا بدوره ينقسم إلى نوعين :

(ا) مرشحات بالجاذبية الأرضية Gravity rapid sand filter

(ب) مرشحات بالضغط . Pressure rapid sand filter

وفى جميع هذه الأنواع تمر المياه من أعلى إلى أسفل خلال طبقة من الرمل

مخلفة وراوءها المواد العالقة ثم فى طبقة من الزلط إلى شبكة من المواسير المثبقة أو المفتحة الوصلات إلى خارج المرشح .

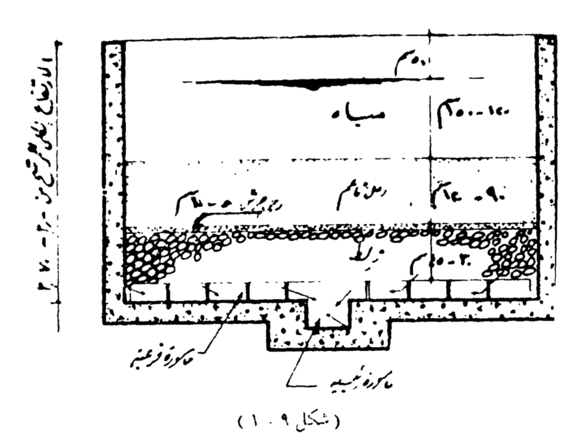
المرشحات الرملية البطيئة

يتكون المرشح الرملى البطىء من حوض جدرانه وقاعة من مادة صماء أما من خرسانة مسلحة أو طوب أو دبش بالمونة ومسقطة الأفقى أما مربع أو مستطيل (شكل ٩ — ١) .

ويغطى القاع شبكة من القنوات أو المواسير المفتوحة الوصلات لتصريف المياه من الحوض وتعلو هذه الشبكة طبقات من الزلط يأخذ حجم حبيباتها فى التصغر من أسفل إلى أعلى كما هو مبين فى الجدول رقم (٩ — ١) .

ثم تعلو ذلك طبقة من الرمل الحرش قطره ١.٥ - ٢ ملليمتر بارتفاع من ٥ سم إلى ١٠ سم — ثم طبقة من الرمل الناعم بارتفاع من ٩٠ إلى ١٢٠ سنتيمتر سنتيمتر بقطر فعال (Effective size) ٠,٢٠ — ٠.٣٠ ملليمتر ومعامل انتظام (Uniformy coefficient) يساوى ١.٧٠ — ٠٢.٠ .

أما ارتفاع الماء فى المرشح فوق الرمل فيتراوح بين ١٢٠ . ١٥٠ سنتمتر على أن ترتفع حافة حائط المرشح حوالى ٥٠ سنتمتر عن سطح الماء — وبذلك يكون العمق الكلى للمرشح ما بين — ٣, ، ٣,٧٠ مترا .



(شكل ٩ - ١)

جدول رقم (٩ - ١)

ارتفاع طبقات الزلط واقطارها

ارتفاع الطبقة (سنتيمتر)	قطر الزلط المستعمل (ملليمتر)
٥ ١٠	زلط رفيع ٢ - ٥
١٠ - ١٥	زلط غليظ ١٠ - ٢٠
١٥ - ٢٠	زلط كبير ٢٠ - ٥٠
٣٠ - ٤٠	

تشغيل المرشح :

١ - بدء تشغيل المرشح (Starting the fliter)

عند بدء تشغيل المرشح لأول مرة يجب أن يملء المرشح بالماء من شبكة

الصرف من أسفل إلى أعلى حتى يمكن طرد الهواء من مسام الزلط والرمل على أن يكون ذلك بالبطء الكافى لعدم اثارة طبقة الرمال .

٢ — فترة الانضاج أو الاعداد (Ripening Period) :

نظراً لأن المسام التى توجد فى طبقة الرمل تكبر عن حجم المواد الغروية العالقة فأنه من المحتمل أن تمر المياه فى المرشح لتخرج وقد علق بها بعض هذه المواد . مما يقلل من كفاءة الترشيح - لذلك وجد أن أنسب طريقة لتلافى هذا هو عدم جمع المياه الخارجة من المرشح لفترة بعد بدء تشغيله وفى خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينية مكونة من المواد الغروية الدقيقة التى حجزت على سطح الرمل وكذلك من بعض الطحالب والكائنات الحية الدقيقة وبمضى الوقت نجد أن شفافية الماء الخارج من المرشح تأخذ فى التحسن نظراً لضيق مسام الطبقة العليا من الرمل الناتج من تجمع هذه المواد فيها - عندئذ يمكن تجميع المياه الخارجية من المرشح واستعمالها .

هذه العملية تعرف بفترة « اعداد أو تخمير أو انضاج المرشح » (Ripening Period) أما الطبقة الهلامية المتجمعة على الطبقة العليا من الرمل وفى مسامها فتسمى (Dirty Skin) وهى فى الحقيقة الطبقة الفعالة التى يعتمد عليها فى عملية الترشيح والحصول على مياه رائقة . إذ أنها الطبقة التى تحجز بقية المواد العالقة دون أن تتوغل داخل جسم المرشح . وفترة الانضاج تستمر مدة تتراوح بين أسبوع وأسبوعين ويتوقف ذلك على كمية المواد العالقة فى الماء وعلى سرعة أو معدل الترشيح .

- فترة الترشيح (Filtration period) :

وهذه تبدأ مباشرة بعد انتهاء فترة الانضاج وفيها يمر الماء فى المرشح من رمل إلى الزلط بمعدل ثابت من ٣ إلى ٥ متر مكعب لكل متر مسطح فى اليوم ٢٤ ساعة) .

ويتم التحكم فى معدل الترشيح بواسطة أجهزة خاصة تسمى منظمات سرعة الترشيح (Rate Controllers)

وعند بدء عملية الترشيح بل عند بدء عملية الانضاج يكون الفاقد فى ضغط الماء خلال المرشح (Loss of head) حوالى ٣٠ ثلاثين سنتيمترا ، الا ويأخذ فى الازدياد . نظراً لانسداد مسام الطبقة العليا للمرشح بما تحجزه من مواد غروية عالقة — فاذا ما وصل هذا الفاقد إلى الحد الأقصى المسموح وهو (١٢٠) مائة وعشرين سنتيمتراً . وجب قفل المرشح استعداداً لتنظيفه لإمكان اعادة استعماله ثانياً .

ومدة الترشيح تستمر فترة تتراوح بين ستة أشهر واثنى عشر شهراً يتوقف طولها على معدل الترشيح وكمية المواد العالقة فى الماء — الا أنه يجب مراعاة انتظام معدل الترشيح طول هذه الفترة . إذ أن عدم انتظام معدل الترشيح قد يتسبب فى تشقق سطح الطبقة الهلامية المعول عليها فى الترشيح ونتيجة لهذا التشقق تمر المياه إلى داخل طبقة الرمل ومن ثم إلى خارج المرشح العالق بها بعض المواد الغروية والبكتريا .

- عملية الغسيل (Washing process) :

وهذه تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء فى المرشح مائة وعشرين

سنتيمتر وللبدء فى عملية التنظيف يقفل المحبس الخاص بالمرشح على أن يترك محبس الخروج مفتوحاً حتى يصفى الماء من المرشح .

ولما كانت أغلب المواد العالقة تحجز على سطح الرمل دون أن تتوغل إلى داخله أكثر من سنتيمترات معدودة فان تنظيف المرشح يتم بكشط طبقة من الرمل يتراوح سمكها من ٢ إلى ٥ سنتيمترات فتظهر طبقة جديدة نظيفة من الرمل يمكن الاعتماد عليها فى الترشيح .

وتتكرر هذه العملية كما ذكر قبلا مرة كل ستة أشهر أو أكثر وبذلك يأخذ ارتفاع الرمل فى المرشح فى النقصان حتى يصل إلى أقل ارتفاع مسموح به وهو خمسة وأربعين سنتيمتراً وعندئذ يجب ازالة جميع الرمال وتجديد بناء المرشح — ومن ذلك يتضح أن عملية تجديد المرشح واضافة رمل اليه تحدث مرة كل عدة سنوات — وفى الحقيقة لا يضاف إلى المرشح رمل جديد . بل أن الرمل الذى يكشط أثناء عملية التنظيف يجمع ويغسل ويخزن فى انتظار اعادته إلى المرشح عند اعادة بنائه عندما يصل عمق الرمل فيه إلى خمسة وأربعين سنتيمتراً .

الأسس الرئيسية لتصميم المرشحات الرملية البطيئة :

١ - معدل الترشيح من ثلاثة إلى خمسة متر مكعب / متر مسطح / يوم

٢ تقسم المساحة الكلية إلى مرشحات منفصلة . مساحة كل مرشح تتراوح بين ١٠٠٠ . ٢٠٠٠ متر مسطح .

٣ يزداد عدد المرشحات بحيث تعطى المحطة التصرف المطلوب بالرغم من تعطل مرشح أو أكثر أثناء عملية الغسيل .

٤ يفضل بناء المرشحات مغطاة وذلك لحجز الضوء عن الماء لعدم تشجيع نمو الطحالب فى المياه أثناء الترشيح .

مثـال : المطلوب ايجاد المقاسات الرئيسية للمرشحات الرملية البطيئة التى تخدم مدينة تعدادها مائة ألف نسمة إذا كان معدل الاستهلاك التصميمى لوحدات التنقية هو ١٥٠ لتر / شخص / يوم .

الحـــل : التصرف الاجمالى = ١٠٠٠٠٠ × ١٥٠ لتر / يوم
= ١٥٠٠٠ متر مكعب يومياً

فاذا كان معدل الترشيح ٥ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم .
.·. المساحة المطلوبة = ١٥٠٠٠ ÷ ٥ = ٣٠٠٠ متر مسطح
وتقسم هذه المساحة إلى ثلاثة مرشحات كل منها ١٠٠٠ متر مربع على أن يبنى مرشح رابع احتياطى يعمل عن توقف أو تنظيف أحد هذه المرشحات .

شبكات صرف المرشح (Under drainage systems) :

وهذه توجد على قاع المرشح تحت طبقة الزلط ، الغرض منها تجميع المياه المرشحة – وهناك عدة أنواع لهذه الشبكات :

١ – بلاطات من الخرسانة المكونة من الزلط والأسمنت بنسبة ١٢ : ١ (Cement and gravel slab) وهى ما تسمى أحيانا بالقاع الكاذب (false bottom) وتنفذ المياه خلال مسام هذا القاع الكاذب إلى فراغ فى أسفله بينه وبين القاع الحقيقى للمرشح – ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

٢ – شبكة من المواسير الدائرية أو النصف دائرية المقطع العرضى على أن تكون هذه المواسير مفتوحة الوصلات لتدخل منها المياه إلى هذه المواسير – وجميع هذه المواسير تصب فى ماسورة رئيسية (شكل ٩ – ١) على أن يراعى الأسس الآتية عند التصميم لهذه المواسير :

١ – المسافة بين المواسير الفرعية يتراوح بين ثلاثة وستة مترات

٢ — سرعة المياه فى المواسير الفرعية يتراوح بين ١٠ ، ٢٠ سنتيمتر / ثانية .

٣ — سرعة المياه فى المواسير الرئيسية تتراوح بين ٢٠ ، ٣٠ سنتيمتر / ثانية .

٤ — تركيب ماسورة تهوية فى نهاية الماسورة الرئيسية بغرض تصريف الهواء من شبكة الصرف وكذلك تهوية قاع المرشح فى فترات التنظيف .

الصمامات والأجهزة الملحقة بالمرشح :

يجب أن يزود كل مرشح بالأجهزة الآتية ضماناً لحسن الإدارة والتشغيل :

١ — صمام سكينة عند المدخل للتحكم فى الماء الداخل إلى المرشح .

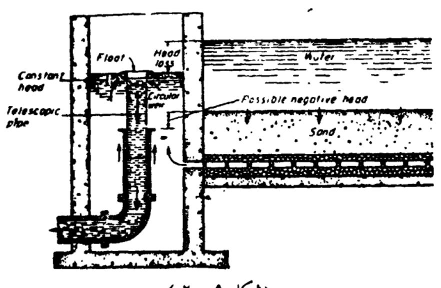
٢ — صمام عوامة على مدخل المرشح ، والغرض منه التحكم فى منسوب المياه فى المرشح حتى لا يزيد عن منسوب معين — وفى هذا الصمام يتحرك جهاز قفل وفتح المحبس بواسطة عوامة تطفو على سطح الماء فيبقى الماء على منسوب ثابت .

٣ — صمامى عند المخرج للتحكم فى توجيه المياه الخارجة من المرشح ، أما إلى الفائض (waste) أثناء عملية اعداد المرشح أو إلى خزان المياه المرشحة أثناء عملية الترشيح .

٤ — منظم لمعدل الترشيح (Rate controller) — وهناك أكثر من نوع لهذه المنظمات .

وأبسط طريقة للتحكم معدل الترشيح هو أن يخرج الماء من المرشح إلى ما يسمى بئر التوازن وهو عبارة عن حجرة بجوار المرشح (شكل رقم

٩ — ٢) تدخل المياه اليها من القاع . وتخرج منها عن طريق ماسورة رأسية تنزلق داخلها ماسورة أخرى متصلة بعوامة أو أكثر ترتفع وتنخفض مع سطح الماء فى بئر التوازن (Telescopic pipe) وبذلك تبقى فوهة الماسورة المتصلة بالعوامة على مسافة ثابتة من منسوب المياة ومن ثم يبقى كمية المياه التى تدخل هذه الماسورة دون تغيير — وفى هذا النوع من المنظمات يمكن تغيير معدل الترشيح بتغيير المسافة بين العوامات وفوهة الماسورة المنزلقة.



(شكل ٩ — ٢)

ه — جهاز قياسى فاقد عامود الضغط أثناء الترشيح .

كفاءة التنقية بالمرشحات الرملية البطيئة

تمتاز هذه المرشحات الرملية البطيئة بالكفاءة العالية فى ازالة الشوائب من الماء فبمقارنة صفات الماء الداخلة اليها (Influent) والخارجة منها Effluent نجد أن نسبة ازالة الشوائب كالآتى :

١ — ازالة العكارة ١٠٠٪.

٢ — ازالة من البكتيريا ٨٩ — ٩٩ ٪ .

٣ — ازالة اللون ٢٠ — ٣٠٪ .

٤ — ازالة مركبات الحديد ٦٠ ٪

إلا أن هذه المرشحات لها من العيوب ما يأتى :

١ — بطء معدل الترشيح مما يزيد فى المساحة اللازمة .

٢ — لا تعطى كفاءة عالية إذا زادت العكارة فى الماء عن ٥٠ جزء فى المليون .

المرشحات الرملية السريعة (بالجاذبية الطبيعية)

يتكون المرشح الرملى من حوض من مادة صماء من الخرسانة أو الصاب أو الطوب أو دبش بالمونة — وفى قاع الحوض توجد شبكة من المواسير الغرض منها صرف المياه من المرشح — تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع يتراوح بين ٤٥ ، ٥٠ سنتيمتر — ثم طبقة من الرمل بارتفاع يتراوح بين ٦٠ ، ٧٥ سنتيمتر — أما عمق المياه فى المرشح فيبلغ حوالى ١٥٠ سنتيمتر فوق سطح الرمل — وترتفع حافة الحوض حوالى ٥٠ سنتيمتر عن سطح الماء (free board)(شكل ٩ — ٣) . وبذلك يكون العمق الكلى للمرشح ما بين ٣ و ٣,٢٥ متراً .

خطوات تشغيل المرشح

١ — بدء تشغيل المرشح (Starting the Filter) :

عند بدء التشغيل لأول مرة يجب أن يملأ المرشح بالماء ببطىء من شبكة الصرف من أسفل إلى أعلى ببطىء وذلك حتى يطرد الماء أثناء ارتفاعه فى مسام الزلط والرمل ما يوجد فى هذه المسام من هواء ومع ملاحظة عدم اثارة سطح الرمل .

٢ — فترة الانضاج أو الإعداد (Ripening Period) :

وأسوة بالمرشح الرملى البطىء ولنفس الأسباب التى ذكرت فى تشغيل المرشح الرملى البطىء ، فإنه يحسن عدم جمع المياه الخارجة من المرشح

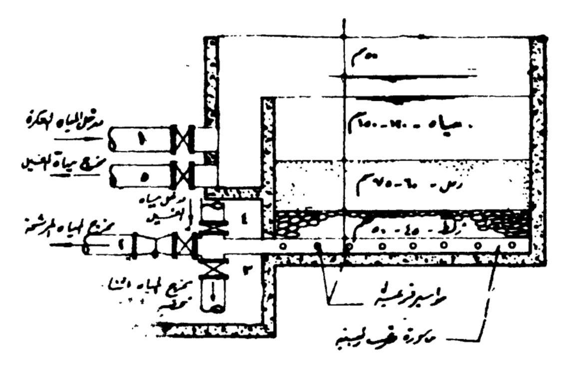
شكل (٩ – ٣)

لفترة بعد بدء تشغيله وفى خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينية مكونة من المواد الغروية والندف الدقيقة التى لم ترسب فى أحواض الترويق ونتيجة لتجمع هذه الطبقة الهلامية على سطح الرمل . فان شفافية الماء الخارج من المرشح تأخذ فى التحسن نظراً لضيق مسام الطاقة العليا من الرمل وعندئذ يمكن تجميع المياه من المرشح واستعمالها .

هذه الفترة تسمى فترة الانضاج أو الإعداد وهى تستمر فى حالة المرشح الرملى السريع فترة تتراوح بين عشرة دقائق وخمسة عشر دقيقة ، ويتوقف ذلك على صفات المياه وما فيها من ندف وعلى معدل الترشيح .

٣ — فترة الترشيح (Filtration Period) :

وهذه تبدأ مباشرة بعد انتهاء فترة الانضاج . وفيها يمر الماء خلال المرشح بمعدل ثابت يتراوح بين (١٢٠) مائة وعشرين و (١٨٠) مائة وثمانون متراً مكعباً للمتر المسطح فى اليوم ، هذا المعدل يجب أن يحفظ ثابتاً فترة الترشيح ضماناً لجـــودة وكفاءة الترشيح ويتم ذلك عن طريق منظمات خاصة (Rate Controllers) توضع على مخرج المياه من المرشح . (شكل ٩ — ٤)



وعند بدء عملية الترشيح يكون الفاقد فى ضغط الماء خلال المرشح (loss of Head) حوالى خمسون سنتيمتراً . إلا أنه يأخذ فى الإزدياد نظراً لانسداد مسام الطبقة العليا للمرشح بما تحجزه من المواد الغروية العالقة بالماء — فاذا وصل هذا الفاقد إلى الحد الأقصى المسموح به وهو يتراوح من ١.٢٥ إلى ١.٧٥ متر وجب قفل المرشح استعداداً لتنظيفه .

ومدة الترشيح (Filter run) أى الفترة بين عمليتى غسيل متتاليتين تتراوح ما بين اثنى عشر ساعة وستة وثلاثين ساعة — ويتوقف طولها على معدل الترشيح وكمية المواد العالقة فى الماء ، وكذلك على حجم حبيبات الرمل إلا أنه يجب مراعاة انتظام معدل الترشيح طول هذه الفترة إذ أن عدم انتظام معدل الترشيح قد يؤدى إلى تشقق فى جسم الرمل بالمرشح . مما يسبب بدوره هروب المياه خلال هذه الشقوق إلى الزلط مباشرة دون أن تحجز منها ما عاق بها من شوائب .

٤ — عملية الغسيل (Washing Process) :

وهذه تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء فى المرشح إلى أقصاه وهو المتوسط حوالى متر ونصف .

وتتم هذه العملية على عدة خطوات :

(ا) يقفل المحبس المغذى للمرشح — على أن يترك محبس المخرج مفتوحاً حتى يصير منسوب الماء فى المرشح أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمتراً .

(ب) يفتح صمام تغذية المرشح بماء الغسيل ومن ثم يندفع الماء من أسفل إلى أعلى فى شبكة صرف المرشح ثم فى طبقة الزلط ثم فى طبقة الرمل — وفى نفس الوقت يفتح صمام مخرج مياه الغسيل — على أن

يكون مرور المياه من أسفل إلى أعلى بمعدل ثابت يتراوح من ٧٢٠ إلى ١٢٠٠ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم أى أن سرعة المياه إلى أعلى فى القطاع الأفقى للمرشح تتراوح من ٥٠ إلى ٨٠ سنتيمتراً / الدقيقة .

نتيجة لهذا تتفكك طبقة الرمل عن بعضها ويتمدد حجمها الكلى ليصير ارتفاعها من ٧٥ — ١٠٠ سنتيمتر وتتحرك حبيبات الرمل فى الماء الصاعد محتكة ببعضها نافضة عن سطحها ما عاق بها من شوائب أثناء عملية الترشيح هذه الشوائب تخرج مع المياه إلى مجرى الغسيل (Wash water gutter) ومنها إلى صمام المخرج . وتستمر عملية الغسيل هذه مدة تتراوح ما بين عشرة وخمسة عشر دقيقة .

العوامل المؤثرة على مدى تمدد الحجم الكلى للرمل :

ويلاحظ أنه نتيجة لتفكك حبيبات الرمل عن بعضها يتمدد الحجم الكلى للرمل ليصل ارتفاعه إلى حوالى ٧٥ — ١٠٠ سنتيمتراً — ويتوقف مقدار هذا التمدد على :

١ — حجم حبيبات الرمل .

٢ — الوزن النوعى لحبيبات الرمل .

٣ — سرعة المياه إلى أعلى — فكلما زادت ارتفع سطح الرمل أثناء الغسيل .

٤ — درجة حرارة المياه — فكلما زادت درجة الحرارة . قلت قدرة المياه على تفكيك حبيبات للرمل عن بعضها لذلك يلاحظ أن معدل مياه الغسيل يزاد فى الصيف عنه فى الشتاء للحصول على نفس النتائج .

وبذلك وبالاشارة إلى شكل (٩ – ٣ ، ٩ – ٤) تتلخص خطوات تشغيل المرشح إلى :

١ – فترة الانضاج أو الإعداد : ويفتح الصمام رقم ١ ، الصمام رقم ٣ فتمر المياه من أعلى إلى أسفل فى المرشح ومنه إلى المصرف لمدة عشرة دقائق .

٢ – فترة الترشيح : ويفتح فيها الصمام رقم ١ والصمام رقم ٢ لتمر المياه من أعلى إلى أسفل فى المرشح ومنه إلى خزان المياه المرشحة .

٣ – فترة الغسيل : ويفتح الصمام رقم ٤ والصمام رقم ٥ لتمر المياه من أسفل إلى أعلى فى المرشح ومنه إلى مجرى مياه الغسيل إلى المصرف .

وتتكرر دورة تشغيل المرشح (الثلاثة خطوات السابقة) مرة كل أربعة وعشرين ساعة فى المتوسط وقد تقصر إلى اثنى عشر ساعة فى الأوقات التى تكثر فيها المواد العالقة أو الطحالب – وقد تطول إلى ستة وثلاثين ساعة أو أكثر عندما تكون المياه قليلة الطحالب والمواد الغروية العالقة .

الأسس الرئيسية لتصميم المرشحات الرملية السريعة :

١ – تصمم المرشحات لتنقية كمية من المياه تساوى المتوسط الصيفى للاستهلاك المياه فى المدينة وهو يساوى مابين ١٤٠ ٪ إلى ١٦٠ ٪ من المتوسط السنوى للاستهلاك .

٢ – معدل الترشيح = ١٢٠ – ١٨٠ متر مكعب / متر مسطح / يوم وبذلك تكون المساحة الكلية للمرشحات « A » $= \frac{Q}{R}$

حيث Q = التصرف الكلى للمرشحات اليوم

R = معدل الترشيح ويساوى ١٢٠ – ١٨٠ متر مكعب / متر مربع / يوم .

٣ — تقسم المساحة الكلية للمرشحات إلى مساحات صغيرة كل منها حوالى خمسين متراً مربعاً — وذلك لضمان مرونة التشغيل مع وجود عدد من المرشحات دون عمل لتنظيفها أو اصلاحها .

كما يمكن تقدير عدد هذه المساحات من المعادلة الاقتراحية :

$$N = 0.044 \sqrt{Q}$$

حيث N = عدد المرشحات

Q = التصرف الكلى لمحطة التنقية مقدراً بالمتر المكعب فى اليوم

٤ — يزاد عدد المرشحات المقدرة بالمعادلة السابقة بعدد آخر من المرشحات كاحتياطى عند توقف أى مرشح للتنظيف أو الاصلاح .

٥ — معدل الغسيل = ٧٢٠ — ١٢٠٠ متر مكعب / متر مربع / يوم
= ٥٠٠ — ٨٠٠ لتر / متر مربع / دقيقة

أى أن سرعة المياه فى جسم المرشح من أسفل إلى أعلى تتراوح من ٥٠ إلى ٨٠ سنتيمتراً / الدقيقة . (٦٥ سم فى المتوسط) .

مثال : المطلوب ايجاد المقاسات الرئيسية للمرشحات الرملية السريعة التى تخدم مدينة تعدادها خمسمائة ألف نسمة إذا كان معدل الاستهلاك التصميمى لوحدات التنقية هو ١٨٠ لتر /شخص/يوم .

الحل : التصرف الاجمالى = ٥٠٠٠٠٠ × ١٨٠ = ٩٠٠٠٠ متر مكعب يومياً

فاذا كان معدل الترشيح = ١٥٠ متر مكعب/للمتر المسطح/يوم

∴ المساحة المطلوبة = $\frac{٩٠٠٠٠}{١٥٠}$ = ٦٠٠ متر مربع

∴ عدد المرشحات = ٠٫٠٤٤ × $\sqrt{٩٠٠٠٠}$

= ٠٫٠٤٤ × ٣٠٠ = ١٢

وبذلك تكون مساحة المرشح الواحد = $\frac{٦٠٠}{١٢}$ = ٥٠ متر مربع .
وطول كل مرشح = ٨ متر وعرض المرشح = ٦.٢٥ متر
يضاف إلى ذلك مرشحين احتياطى بنفس المقاسات — وبذلك يكون العدد الكلى للمرشحات أربعة عشر مرشحاً .

أ — شبكات صرف المرشح Under drains

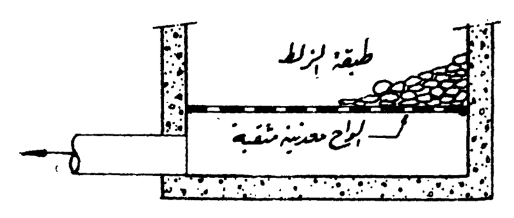
والغرض من هذه الشبكة :

١ — تجميع المياه المرشحة بعد مرورها خلال طبقتى الرمل والزلط.

٢ — توزيع مياه الغسيل بانتظام فى انحاء المرشح .

وهناك عدة أنواع لهذه الشبكات :

١ — استعمال ألواح معدنية مثقبة (Perforate plates) توضع تحت طبقة الزلط فتتجمع المياه فى الفراغ أسفلها ومنه إلى المخرج إلا أن هذه الطريقة لا تستعمل بكثرة حالياً . (شكل ٩ — ٥)

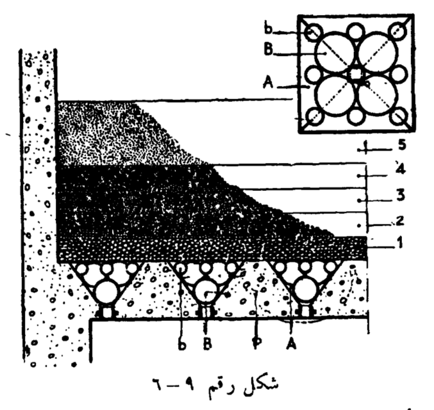


شكل ٩ — ٥

٢ — شبكة من الاضلاع الخشبية (Wooden grid) — وهى لا تستعمل بكثرة حالياً نظراً لما تحتاجه من صيانة .

٣ — أرضية هويلر (Wheeler filter bottom) :

وهذه تتكون من بلاطات خرسانية بسمك ١٨ سنتيمتر ومشكل فيها فتحات على شكل أهرامات مقلوبة (شكل ٩ — ٦) وهذه الأهرامات تملأ بكرات من الخزف يتراوح قطرها من ٣ إلى ٨ سنتيمترات توضع بحيث تكون الفراغات فيما بينها أقل ما يمكن . ويرأس كل هرم فتحة تؤدى إلى فراغ أسفل الأرضية ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

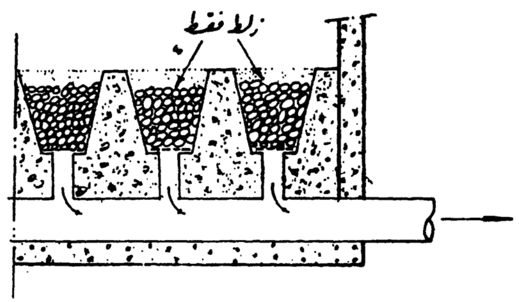


شكل رقم ٩ — ٦

٤ — الأرضية ذات الخطوط (Ridge & Vally Bottom) :

وتتكون هذه الأرضيات من كرات ذات قطاع خاص (شكل ٩ — ٧) توضع على مسافة من ٢٠ إلى ٣٠ سنتيمتراً مكونة فيما بينها أخاديد — وعلى

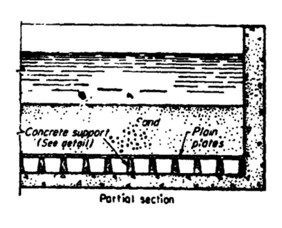
ارتفاع عشرة سنتيمترات من قاع الأخدود توضع شبكة نحاسية تعمل كحامل للزلط ولتمر منها المياه إلى فراغ أسفل الأرضية ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

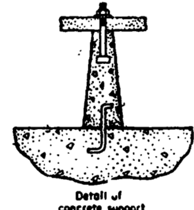


شكل ٩ - ٧

٥ - الأرضية المسامية (Popou plate Bottom) :

وفى هذه الحالة تصنع أرضية المرشح على هيئة بلاطات مربعة ٥٠ × ٥٠ سنتيمتر من مادة مسامية يرتكز عليها الرمل مباشرة - أى أنه يستغنى عن الزلط فى هذه الحالة - وتمر المياه المرشحة إلى الفراغ أسفل الطبقة المسامية



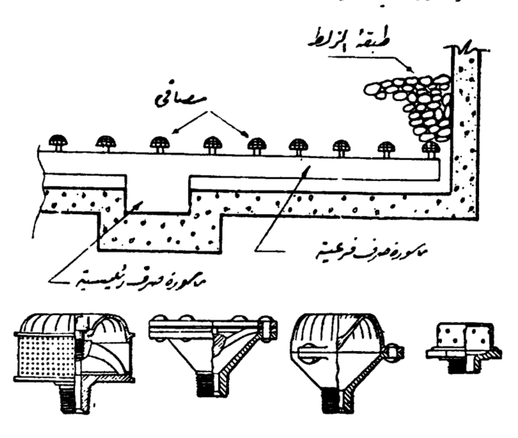


شكل رقم ٩ - ٧

ومنه إلى خارج المرشح (شكل ٩ — ٧).

٦ — المواسير ذات المصافى (Pipe & strainer system) :

وهى عبارة عن شبكة من المواسير الفرعية مثبتة موازية لبعضها لتصب فى ماسورة رئيسية ومثبت فى السطح العلوى للمواسير مصافى دقيقة الثقوب من النحاس أو البلاستيك تنفذ منها المياه إلى المواسير الفرعية فالماسورة الرئيسية ومنها إلى خارج المرشح (شكل ٩ — ٨) وفى هذه الحالة يمكن اختصار طبقة الزلط إلى ثلاثين سنتيمتراً .

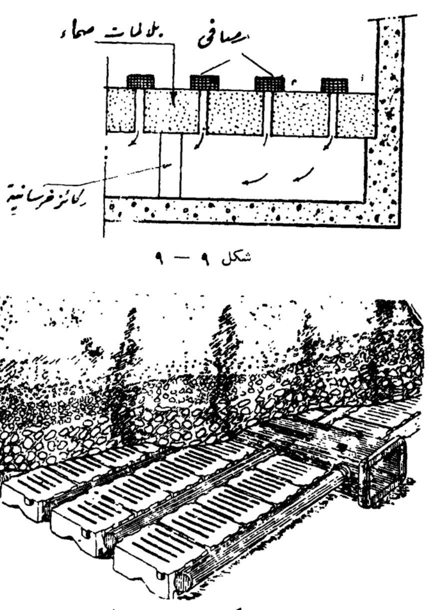


شكل رقم ٩ — ٨ أنواع المصافى

٧ — المصافى المثبته فى قاع المرشح (False bottom with strainers) :

وفى هذه الطريقة تثبت المصافى فى بلاطات ترتكز عليها طبقة حوالى ثلاثين سنتيمتراً من الزلط يعلوها طبقة الرمل . شكل ٩ — ٩

وتنفذ المياه من هذه المصافى إلى فراغ أسفل البلاطات ومنه إلى مخرج المياه المرشحة .

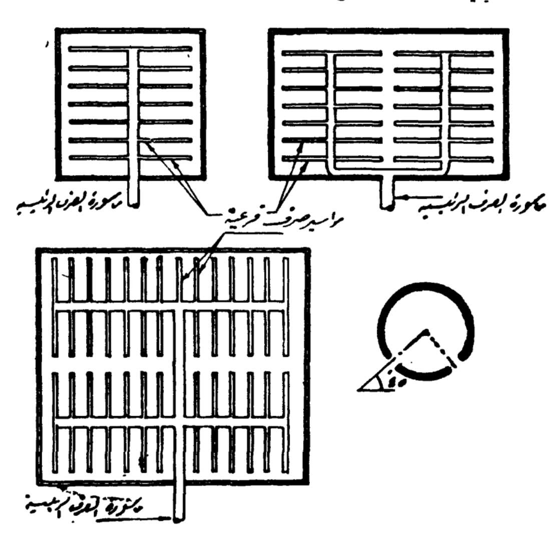


شكل ٩ — ٩

شكل رقم ٩ — ١١٠

٨ – شبكة المواسير المثقبة (Perforated pipe underdrains) :

هى أكثر الطرق استعمالا – وهى عبارة عن مواسير فرعية مثقبة (laterals) مثبتة موازية لبعضها لتصب فى ماسورة رئيسية (Manifold) وتصنع المواسير الفرعية دائرية القطاع من الحديد الزهر أو الاسبستو س الأسمنتى



شكل رقم ٩ – ١٠ب

أما الماسورة الرئيسية فتصنع من الحديد الزهر أو الخرسانة وعادة ما تكون مستطيلة القطاع العرضى (شكل رقم ٩ — ١٠) .

ويلاحظ أن الثقوب فى المواسير الفرعية لا توضع فى الراسم العلوى للماسورة بل توضع بحيث يكون الخط الواصل من الثقب إلى مركز قطاع الماسورة مائلا على الأفقى بزاوية ٤٥° — (شكل ٩ — ١٠) وذلك حتى لا يندفع الماء من الثقب رأسياً إلى أعلى مما قد يسبب اضطراباً فى طبقة الزلط بل يندفع إلى أسفل ثم ينعكس على أرضية المرشح إلى اعلا بانتظام فى المقطع الأفقى الكامل للمرشح — كما أن هذا الوضع يمنع احتمال دخول الرمل إلى داخل شبكة المواسير .

<u>أسس تصميم شبكات المواسير المثقبة لصرف المرشحات :</u>

١ — قطر الثقوب من ١/٤ إلى ١/٢ بوصة .

٢ — المسافة بين الثقوب ٨ إلى ٢٤ سنتيمتراً (من ٣ إلى ٨ بوصة) .

٣ — (مجموع مساحة الثقوب على الماسورة الفرعية) / (مساحة مقطع الماسورة الفرعية) = ١/٤ — ١/٢

٤ — (طول الماسورة الفرعية) / (قطر الماسورة الفرعية) لا يزيد عن ٦٠

٥ — (المساحة الكلية للثقوب) / (مساحة المرشح الأفقية) = ٠,٠٠١٤ ——> ٠,٠٠٢١

٦ — المسافة ما بين المواسير الفرعية تتراوح من ١٥ إلى ٣٠ سنتيمتراً .

٧ — (مساحة مقطع الماسورة الرئيسية) / (مجموع مساحات المواسير الفرعية المغذية للماسورة الرئيسية) = ١.٧ ——> ٢

٨ - سرعة المياه فى الماسورة الرئيسية والمواسير الفرعية تختلف من ١.٢٥ متر ثانية إلى ٣,٥ متر/ثانية أثناء الغسيل .

أما السرعة فى المواسير المغذية للمرشح أو الخارجة منه فهى :

١ - السرعة فى الماسورة المغذية للمرشح بالماء من حوض الترويب (Coagulated water vel) يجب ألا تتجاوز خمسين سنتيمترا / الثانية والا تكسرت الندف إلى جزيئات دقيقة وربما نفذت خلال رمل المرشح .

٢ - السرعة فى مارسورة ماء الغسيل (wash water voelocity) تتراوح بين ١,٧٥ - ٢,٥٠ متر الثانية .

٣ - السرعة فى ماسورة الماء المرشح (filtered water velocity) تتراوح بين ١ - ٢ متر /ثانية .

مثال : فى مرشح رملى سريع تصرفه الاجمالى ٦٢٥٠ متر ٣/ يوم المطلوب تصميم شبكات صرف المرشح من النوع المواسير المثقبة .

الحل :

التصرف الاجمالى للمرشح = ٦٢٥٠ متر مكعب / يوم

معدل الترشيح = ١٢٥ متر ٣ / متر ٢ / يوم

مساحة كل مرشح = $\frac{٦٢٥٠}{١٢٥}$ = ٥٠ متر = ٨ × ٦,٢٥ متر

(أ) عدد وأقطار الثقوب :

∴ المساحة الكلية للثقوب = ٠,٠٠١٤-٠,٠٠٢١ من مساحة المرشح

= ٠,٠٠٢٠ × ٥٠ = ٠,١٠ متر مربع

= ١٠٠٠ سم٢

فاذا فرضنا قطر الثقوب يساوى $\frac{٣}{٨}$ بوصة أى ١ سم

∴ مساحة الثقب الواحد = ٠,٨ سم٢

∴ عدد الثقوب = $\frac{١٠٠٠}{٠,٨}$ = ١٢٥٠ ثقب

∴ كل ثقب يخدم مساحة = $\frac{٥٠ \times ١٠٠ \times ١٠٠}{١٢٥٠}$ = ٤٠٠ سم ٢

وبذلك يمكن اختيار الثقوب على مسافة ٢٠ سم فى اتجاه الطولى للمواسير الفرعية ووضع المواسير الفرعية على مسافة ٢٠ سم من بعضها كذلك وهذا مطابق للمواصفات السابقة التى تنص على أن المسافة بين الثقوب على الماسورة من ٨ إلى ٢٤ سنتيمتراً والمسافة بين المواسير من ١٥ إلى ٣٠ سنتيمتراً .

(ب) المواسير الفرعيـة : (Laterals)

عدد المواسير الفرعية على كل جانب من جوانب الماسورة الرئيسية = $\frac{٦٢٥}{٢٠}$ = ٣١ ماسورة وطول كل منها ٤ مترات. والعدد الكلى للمواسير الفرعية = ٦٢

ولذلك يكون عدد الثقوب على كل ماسورة = $\frac{١٢٥٠}{٦٢}$ = ٢٠

والمسافة بين كل ثقبين = ٢٠ سم

∴ المساحة الكلية للثقوب على الماسورة الفرعية الواحدة =
٠,٨ × ٢٠ = ١٦ سم٢

∴ مساحة مقطع الماسورة الفرعية = ٢ ←— ٤ أضعاف مساحة الثقوب التى تخدمها

وباختيار قطر الماسورة = ٣″ يتحقق هذا الشرط .

كما يتحقق الشرط الذى ينص على أن طول الماسورة الفرعية لا يتجاوز ستين ضعفاً لقطرها .

(ج) الماسورة الرئيسية (Manifold) :

تنص المواصفات على :

$$\frac{\text{مساحة مقطع الماسورة الرئيسية}}{\text{مجموع مساحات المواسير الفرعية المغذية لها}} = ١,٧ - ٢$$

∴ مساحة الماسورة الفرعية الواحدة = $\frac{٣,١٤ \times ٧,٥ \times ٧,٥}{٤}$ = ٤٣ سم٢

∴ عدد المواسير الفرعية المغذية للماسورة الرئيسية = ٦٢

∴ مساحة مقطع الماسورة الرئيسية = ١,٧ × ٦٢ × ٤٣ = ٤٥٠٠ سم

وبذلك يمكن اختيار مقطع مستطيل لهذه الماسورة

ومقاساته : الطول = ٧٥ سم العرض = ٦٠ سم

(١) المواسير الخارجية التي تغذى أو تصرف المرشح :

١ — ماسورة تغذية المرشح بالمياه المروقة :

السرعة لا تزيد عن ٥٠ سم/ثانية

تصرف المرشح = ٦٢٥٠ متر٣ / يوم

= ٠,٠٧٢٥ متر٣/ثانية

∴ مساحة المقطع = $\frac{٧٢٥٠٠}{٥٠}$ = ١٤٥٠ سم٢

∴ نختار ماسورة قطر = ٤٣ سم — ١٧ بوصة

٢ — ماسورة مياه الغسيل

معدل مياه الغسيل = ٥٠٠ — ٨٠٠ لتر/متر٢/دقيقة (٦٠٠ فى المتوسط)

مساحة المرشح = ٥٠ متر مربع

∴ معدل مياه الغسيل /للمرشح = ٦٠٠ × ٥٠ = ٣٠٠٠٠ لتر/دقيقة

= ٦٠٠ لتر/ثانية

= ٠.٦٠ متر٣/ثانية

السرعة فى ماسورة الغسيل = ١,٧٥ ——> ٢,٥ متر / الثانية

. . . مساحة مقطع الماسورة = $\frac{٠,٦٠٠}{٢}$ = ٠.٣٠ متر٢

وبذلك تختار ماسورة قطر ٢٠ سم = ٨ بوصة

٣ – ماسورة المياه المرشحة

تصرف المرشح = ٦٢٥٠ متر٣/يوم

= ٠,٠٧٢٥ متر ٣/ثانية

السرعة فى الماسورة = ١,٠٠ —> ٢,٠٠ متر/الثانية (١,٥ فى المتوسط).

. . مساحة مقطع الماسورة = $\frac{٠,٠٧٢٥}{١,٥}$ = ٠,٠٤٩ متر مربع

. . تختار ماسورة قطر = ٢٥ سم = ١٠ بوصة

الزلط والرمل المستعمل فى المرشح (Gravel & filter Sand) :

يجب أن يكون الزلط المستعمل فى المرشح من حبات كاملة الاستدارة من مادة صلبة متينة خالية من الأتربة أو الطمى أو الرمل .

ويوضع الزلط فى المرشح على طبقات بحيث أن الأكبر حجماً فى القاع كما أن الإرتفاع الكلى للزلط يتراوح من ٤٥ – ٦٠ سم مرتبة كالآتى :

عمق الطبقـة	قطر حبات الزلط بالبوصة
١٥ — ٢٠ سم	١ — ٢
٧،٥ — ١٠ سم	$\frac{١}{٢}$ — ١
٧،٥ — ١٠ سم	$\frac{١}{٤}$ — ١
٧،٥ — ١٠ سم	$\frac{١}{٨}$ — $\frac{١}{٤}$
٧،٥ — ١٠ سم	$\frac{١}{١٢}$ — $\frac{١}{٨}$

٣٥ — ٦٠ سم = العمق الكلى

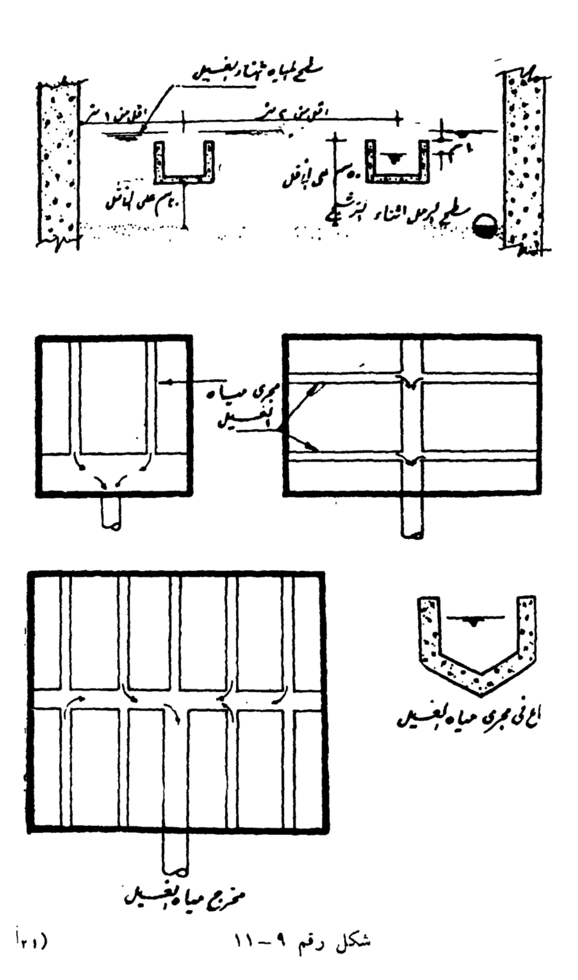
أما الرمل المستعمل فيوضع على طبقة الزلط بارتفاع يتراوح من ٢٤ بوصة (٦٠ سنتيمتر) إلى ٣٠ بوصة (خمسة وسبعون سنتيمتر) — على أن يكون بالمواصفات الآتية :

١ — القطر الفعال (Effective size) من ٠،٣٥ — ٠،٦٠ مم
٢ — معامل الإنتظام (uniformity coeff) من ١،٥ — ١،٨مم
٣ — خمسة وتسعين فى المائة من الرمل يمر خلال منخل قطر ١،٠ مم
٤ — جميع الرمل يحجز على منخل قطر ٠،١ مم أى أن جميع حبيبات الرمل تكون أكبر من ٠،١ ملليمتر .
٥ — نسبة السليكا فى الرمل لا تقل عن ٩٥ ٪

مجارى مياه الغسيل (Wash water Gutter) :

وهذه تستعمل فى صرف مياه الغسيل الصاعدة من أسفل إلى أعلى محملة بالرواسب التى تخلفت فى المرشح أثناء عملية الترشيح — وهى عبارة عن قنوات علوية متوازية تصب فى قناة رئيسية (شكل رقم ٩ — ١١) على أن يراعى فى تصميم ووضع هذه القنوات بالنسبة لبعضها وبالنسبة لسطح الرمل الشروط الآتية :

١ — المسافة بين محورى قناتين متوازيتين لا تزيد عن مترين،والغرض من ذلك هو ضمان انتظام خروج مياه الغسيل. إذ أنه فى زيادة هذه



شكل رقم ٩ – ١١

(٢١أ)

المسافة عن مترين اعاقة لخروج مياه الغسيل من الأماكن البعيدة عن القنوات مما يسبب اعادة ترسيب المواد العالقة مرة أخرى على سطح المرشح .

٢ - المسافة بين قاع القناة وسطح الرمل لا تقل عن ثلاثين سنتيمتراً ، إذ أن اقتراب قاع القناة من سطح الرمل عن هذا الحد قد يعوق تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل - وبالتالى يخفض من كفاءة عملية الغسيل .

٣ - المسافة بين حافة القناة وسطح الرمل لا تقل عن نصف متر حتى لا يهرب الرمل مع مياه الغسيل .

٤ - سرعة مياه الغسيل فى القناة لا تقل عن ٢ متر/ثانية .

٥ - المسافة بين حافة القناة وسطح المياه فى القناة (free board) أثناء عملية الغسيل حوالى عشرة سنتيمترات .

الصمامات والأجهزة الملحقة بالرشح :

ويزود كل مرشح بالصمامات والأجهزة الآتية ضماناً لحسن التشغيل والصيانة :

١ - صمام سكينة عند المدخل للتحكم فى الماء الداخل إلى المرشح .

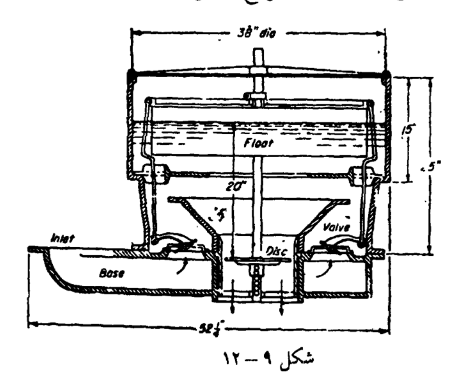
٢ - صمام عوامة على مدخل المرشح . والغرض منه التحكم فى منسوب المياه فى المرشح حتى لا يزيد عن منسوب معين ويتم ذلك بواسطة عوامة تحرك جهاز قفل وفتح المحبس ليتحكم فى كمية الماء الداخل ومن ثم يبقى الماء على منسوب ثابت .

٣ - صمام سكينة عند المخرج للتحكم فى توجيه المياه الخارجة من المرشح ، أما إلى الفائض (Waste) أثناء الانضاج أو إلى خزان المياه المرشحة أثناء عملية الترشيح .

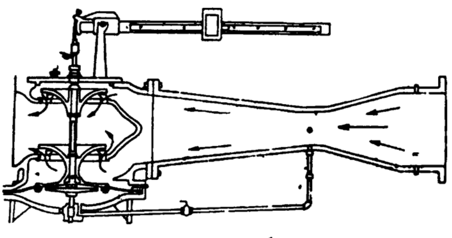
- صمام مدخل مياه الغسيل : ويفتح أثناء عملية الغسيل لتندفع منه المياه من اسفل إلى آعلى خلال المرشح فيتفكك الرمل وينفض عن حبيباته ما علق بها من شوائب أثناء عملية الترشيح فترتفع هذه الشوائب مع المياه إلى مجارى مياه الغسيل ومنها إلى خارج المرشح

٥ - صمام مخرج مياه الغسيل : ويفتح أثناء عملية الغسيل لتمر هذه المياه ا حملت من شوائب إلى خارج المرشح .

٦ - منظم معدل الترشيح (Rate Controller). والغرض منه حفظ معدل ثابت للترشيح ، إذ أن فى عدم انتظام الترشيح ما يسبب فى اضعاف لكفاءة المرشح (شكل ٩ - ١٢ ، ٩ - ١٣)

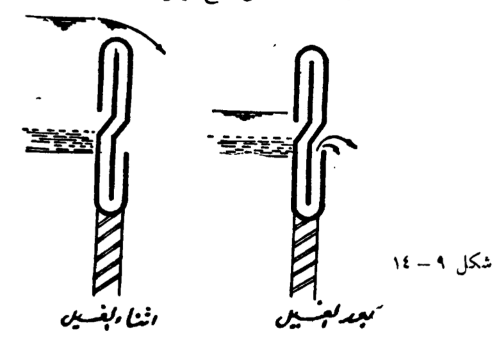


شكل ٩ - ١٢



شكل رقم ٩ — ١٣

٧ — سيفون تفريغ مياه الغسيل : لما كانت حافة قناه مياة الغسيل على ارتفاع لا يقل عن نصف متر فأنه بنهاية عملية الغسيل وقفل صمام مدخل مياه الغسيل يحتاج الأمر لتفريغ هذه المياه المتجمعة فوق سطح الرمل وتحت حافة قناة مياه الغسيل (شكل ٩ — ١٤) ويستعمل لهذا الغرض السيفون المبين فى الشكل — الذى يقوم بازالة هذه المياه حتى منسوب قريب جداً من سطح الرمل — وبذلك لا يسبب بقاء هذا الحجم من الماء فوق سطح الرمل فى إعادة ترسيب المواد العالقة به على سطح الرمل .



شكل ٩ — ١٤

مياه الغسيل وطرق ضغطها فى المرشح :

والمياه المستعملة لغسيل المرشحات يجب أن تكون مرشحه نقية . كما يجب أن تمر فى شبكة صرف المرشح من أسفل إلى أعلى تحت ضغط كافى ليحدث التمدد والتفكك والاضطراب اللازم فى الرمل حتى تتم عملية الغسيل على أكمل وجه — ولذلك فان المصدر الوحيد لهذه المياه لابد وأن يكون المياه المرشحة والمجمعة فى خزان المياه النقية .

أما طرق اعطائها الضغط الكافى فى شبكات صرف المرشح فهى :

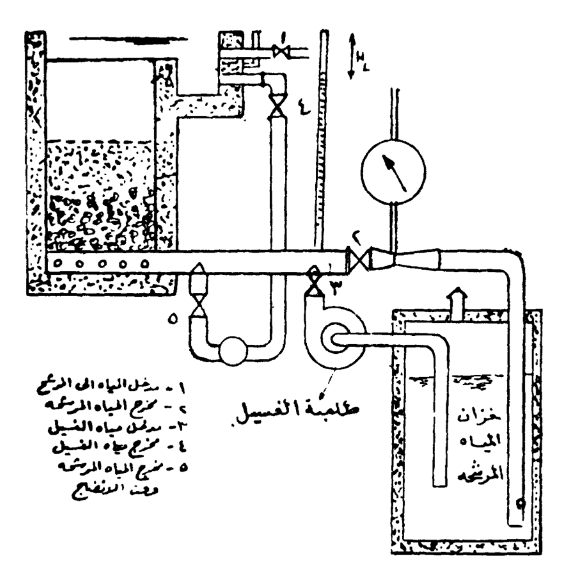
(ا) استخدام المياه الخارجة من محطة الضغط العالى كمصدر لمياه الغسيل أى توصيل صمام مدخل مياه الغسيل بشبكة توزيع المياه فى المدينة — الا أن هذا له العيوب الآتية :

١ — اضطراب فى تشغيل الطلمبات .

٢ — هبوط مفاجىء فى الضغط فى الشبكة عند غسيل المرشحات .

٣ — نظراً لارتفاع الضغط فى شبكة التوزيع فأنه قد يحدث اضطراب كبير فى سطح الرمل مما يسبب هروبه مع مياه الغسيل — بل قد يصل هذا الضغط إلى الدرجة التى قد تسبب اضطرابا لازلط فى المرشح ولذلك يجب وضع صمام خاص لتخفيض الضغط قبل دخول المياه إلى المرشحات.

(ب) استخدام طلمبة خاصة تسحب المياه من خزان المياه المرشحة وتضخها تحت ضغط مناسب فى شبكة صرف المرشح مباشرة — على أن تدار هذه الطلمبة كلما احتاج الأمر لغسيل مرشح (شكل ٩ — ١٥) .

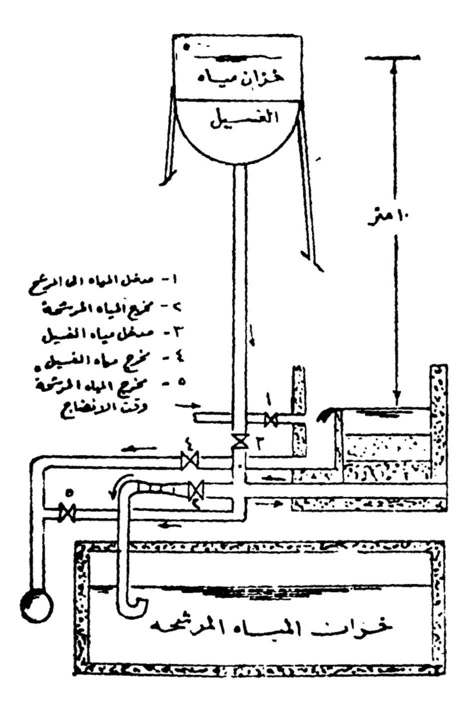


شكل ٩ — ١٥

ويعيب هذه الطريقة كبر حجم هذه الطلمبة واستعمالها المتقطع واحتمال تعطلها مما قد يوقف عملية الغسيل ، الا إذا خصص طلمبة أخرى احتياطية لهذا الغرض .

(ج) استخدام خزان بارتفاع حوالى عشرة أمتار يوضع فى محطة التنقية ، وتعذية طلمبة خاصة به تسحب المياه من خزان المياه النقية وتشتغل

تلقائياً لملأ الخزان كلما هبط منسوب الماء فيه عن قدر محدد — كما يمكن مد الخزان بالماء من شبكة الضغط العالى (شكل ٩ — ١٦).



شكل رقم ٩ — ١٦

وتمتاز هذه الطريقة – بصغر حجم الطلمبة المغذية للخزان ومرونة التشغيل وسهولته ويجب أن يكون حجم الخزان بالسعة الكافية لتخزين الماء الكافى لغسيل مرشحين على الأقل دون تشغيل الطلمبة .

مثـال :

اوجد التصرف التصميمى للطلمبة اللازمة لغسيل المرشحات الرملية السريعة التى صممت فى المثال السابق وذلك فى الأحوال الآتية :

(ا) إذا كانت هذه الطلمبة تضغط مياه الغسيل إلى المرشحات رأساً.

(ب) إذا كانت هذه الطلمبة ترفع المياه إلى خزان علوى خاص بعملية التشغيل .

الحـل : بالرجوع إلى المثال السابق نجد أن مساحة المرشح الواحد خمسين (٥٠) متر مربع – ويفرض معدل مياه الغسيل ٦٠٠ لتر /متر ٢/دقيقة ويفرض اننا سنغسل مرشحين فى وقت واحد نجد أن :

أ – الطلمبة تضغط المياه إلى المرشحات مباشرة :

مساحة المرشحين تحت الغسيل : ٥٠ × ٢ = ١٠٠ متر مسطح

ومعدل الغسيل ٦٠٠ لتر /متر ٢ /دقيقة

∴ تصرف الطلمبة = ٦٠٠ × ١٠٠ = ٦٠٠٠٠ لتر /دقيقة

= ٦٠ متر مكعب / الدقيقة

= متر مكعب /الثانية

على أن تعمل الطلمبة عشرة دقائق كما احتاج الأمر لغسيل المرشحات .

ب - الطلمبة ترفع المياه إلى خزان عاوى خاص بمياه الغسيل :

مساحة المرشحين تحت الغسيل : ٥٠ × ٢ = ١٠٠ متر مسطح

معدل مياه الغسيل ٦٠٠ لتر /متر ٢/دقيقة .

فترة غسيل المرشح عشرة دقائق .

.·. التصرف الاجمالى اللازم لغسيل المرشحين

= ٦٠٠ × ١٠٠ × ١٠ = ٦٠٠٠٠٠ لتر

= ٦٠٠ متر مكعب

فاذا كانت طريقة تشغيل المرشحات بحيث يتم تنظيف المرشحات فى المحطة خلال وردية واحدة (ثمانية ساعات) ولما كان عدد المرشحات فى المحطة اثنى عشر ، أمكن اختيار طلمبة ذات تصرف يسمح برفع المياه اللازمة لغسيل المرشحين (٦٠٠ متر مكعب) فى مدة ساعة .

.·. تصرف الطلمبة = ٦٠٠ متر مكعب /الساعة

= ١٠ متر مكعب /الدقيقة

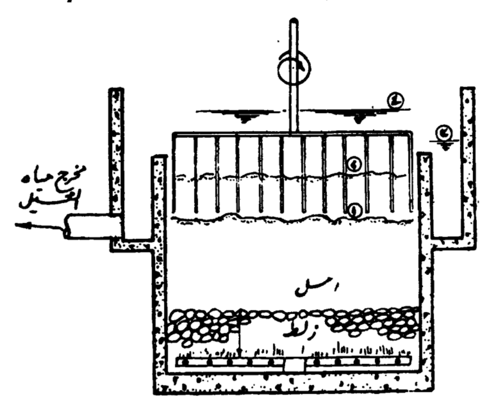
ويلاحظ الفرق الكبير من تصرف هذه الطلمبة والطلمبة السابقة كما يلاحظ أن هذه الطلمبة تعمل باستمرار لمدة وردية كاملة أما الطلمبة السابقة فتعمل لمدة ساعة على الأكثر فى اليوم الكامل .

الطرق المساعدة لغسيل المرشح :

لما كانت الطريقة المتبعة لغسيل المرشحات بضغط الماء من أسفل إلى أعلى فى شبكات الصرف قد لا تؤدى إلى غسيل المرشح على الوجه الأكمل أو قد تؤدى إلى استهلاك كمية كبيرة من المياه فى عملية الغسيل فكثيراً ما يلجأ إلى طريقة من الطرق الآتية للحصول على نتائج أحسن مع توفير فى كمية المياه المستعملة .

أ — التقليب الميكانيكى للرمل (Mechanical Raking) :

ويتم هذا التقليب بواسطة أمشاط ذات أسنان حديدية تبقى أفقية بعيدة سطح طبقة الرمل أثناء عملية الترشيح ثم يعدل وضعها بحيث تتدلى رأسياً فى الرمل اثناء عملية الغسيل ويدار هذا المشط بواسطة محرك كهربائى بسرعة لا تتجاوز عشرة لفات فى الدقيقة مما يزيد فى اضراب وتفكك حبيبات الرمل وبالتالى زيادة فى كفاءة عملية الغسيل (شكل ٩ — ١٧ز) وتسمى



شكل رقم ٩ — ١٧

المرشحات التى تستعمل فيها هذه الطريقة مرشحات جويل (Jewell) وينخفض معدل الغسيل فى هذه المرشحات إلى نصف المعدل المعتاد .

ويعيب هذه الطريقة أنها لا يمكن استعمالها فى المرشحات المربعة أو المستطيلة نظراً لتعذر تنظيف الأركان بالأمشاط الدوارة - ولذلك فهى لا تستعمل بكثرة حالياً بالرغم من النتائج الطيبة التى تعطيها .

ب - استعمال الهواء المضغوط (Compressed air wash) :

ويتم ذلك بتوصيل مواسير صرف المرشح بمصدر للهواء المضغوط وتتم عملية الغسيل فى هذه الحالة كالآتى :

١ - بعد قفل صمام المغذى للمرشح يترك محبس خروج الماء مفتوحاً ليصير منسوب الماء أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمترا ثم يقفل صمام المخرج .

٢ - بضغط الهواء فى شبكة الصرف لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة دقائق على أن يكون ضغط عند خروجه من الثقوب فى شبكة الصرف من ٠,٣ - ٠,٣٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع (٤ - ٥ رطل على البوصة المربعة) وتتراوح كمية الهواء الحر المستعمل ما بين من ٠,٦ إلى ١,٥ متر مكعب لكل متر مربع (٢ إلى ٥ قدم مكعب لكل قدم مربع) من سطح المرشح .

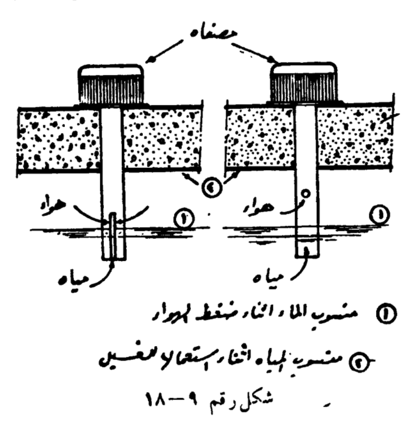
ونتيجة لهذا يتخلل الهواء طبقة الرمل محدثاً فيه من التفكك والاضطراب ما يسبب تخليص حبيباته من المواد الهلامية الملتصقة عليها .

٣ - بعد ثلاثة أو خمسة دقائق يقفل صمام الهواء - ثم يكمل غسيل المرشح بالماء كما سبق شرحه وتمتاز هذه الطريقة بتوفير كمية المياه المستعملة

إذ يمكن خفض معدل مياه الغسيل إلى ثلثى أو نصف المعدل العادى .

والمعتاد كما سبق ذكره هو ضغط الهواء فى شبكة صرف المرشح الا أنه فى بعض الأوقات يزدود المرشح بشبكة خاصة يضغط فيها الهواء الا أنها فى كلتا الحالتين يجب مراعاة الا يضغط الهواء مع ماء الغسيل فى نفس الوقت خشية احداث اضطراب عنيف فى الرمل بسبب هروبه مع ماء الغسيل — وكذلك خشية احداث اضطراب فى طبقة الزلط الموجودة فى المرشح مما يسبب امتزاج طبقتى الرمل والزلط بعضهما ببعض الأمر الذى يوقف عمل المرشح ومن ثم يوجب تفريغ المرشح من الرمل والزلط واعادة ترتيبه

أما فى المرشحات التى تستعمل فيها (false bottom & strainer system) كطريقة لصرف المياه فان كل مصفاه « strainer » تزود بماسورة تتدلى رأسياً لمسافة تحت القاع الكاذب « false botton » على أن تحتوى هذه الماسورة ثقب أو فتحة رأسية (شكل ٩ — ١٨) . يدخل منها الهواء عند



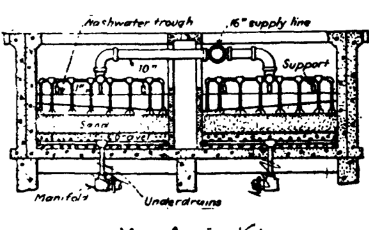
شكل رقم ٩ — ١٨

ضغطه فى أسفل القاع الكاذب — أما الفتحة فى أسفل الماسورة فهى مخرج المياه عند الترشيح ومدخل المياه عند الغسيل .

جـ — شبكة الغسيل السطحى : Stationary Surface Wash

وهذه عبارة عن شبكة من المواسير المثبتة على ارتفاع من سطح الرمل تضغط فيها المياه لتخرج من الثقوب تحت ضغط قدره ٠٫٧ — ١٫٠٠ كيلوجرام/سم٢ (١٠ — ١٥ رطل/البوصة المربعة) على شكل نافورة (Jet) متجهة إلى أسفل لتكسر الطبقة العليا من الرمل المتماسك نتيجة لتجميع المواد الهلامية فى مسامها — على أن يكون معدل تصرف المياه الخارج من هذه المواسير حوالى ٢٥٠ لتر/متر٢/دقيقة (٥ جالون/قدم٢/ الدقيقة) (شكل ٩ — ١٩) .

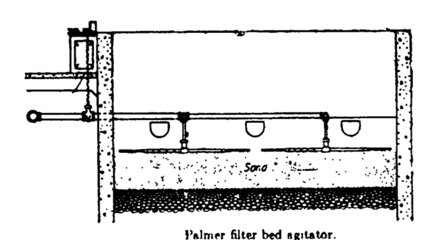
وفى نفس الوقت تضغط المياه فى شبكة صرف المرشح الموجودة تحت طبقة الزلط بمعدل كافى لاحداث تمدد فى الرمل قدره ٢٥ ٪ من ارتفاعه الأصلى ويقدر هذا المعدل بحوالى ٤٠٠ لتر / متر٢/دقيقة (٨ جالون/قدم٢/الدقيقة) وقد أدت هذه الطريقة إلى تحسين كفاءة الغسيل مع توفير فى كمية المياه .



شكل رقم ٩ — ١٩

د - استعمال نافورة بالمر اللفافة (Patner Bed Agilator) :

وهذه عبارة عن ماسورة رأسية تتفرع إلى ذراعين آفقين بوصلة تسمح بدوران الأذرع الأفقية وكل ذراع مزود على جانب واحد بفتحات (nozzles) فوهاتها موجهة إلى سطح الرمل . فاذا ضغطت المياه فى الماسورة الرأسية خرجت المياه من الفتحات متدفقة على شكل نافورة (Jet) تسبب دوران الأذرع الأفقية (شكل ٩ - ٢٠) .



Palmer filter bed agitator.

شكل رقم ٩ - ١٩

وعند غسيل المرشح بهذه الطريقة . تضغط المياه فى الماسورة الرأسية تحت ضغط قدرة ٣.٥٠ كيلوجرام/ سم٢ (خمسين رطل على البوصة المربعة) وبمعدل حوالى ٢٥٠ ! /متر ٢/دقيقة (خمسة جالون/ قدم٢/ دقيقة)

وفى نفس الوقت تضغط الماء فى شبكة صرف المرشح الموجودة فى أسفل المرشح بمعدل كافى لاحداث تمدد فى الرمل قدره ٢٥ ٪ من ارتفاعه الأصلى - هذا المعدل حوالى ٤٠٠ لتر/متر ٢٪ دقيقة (٨ جالون/ قدم٢/دقيقة)

وهذه الطريقة هى أحدث الطرق ومن أحسنها نتائج .

هـ — استعمال مياه الغسيل بمعدل مرتفع (High velocity wash water)

نظراً لأن مقدار تمدد الرمل أثناء عملية الغسيل له تأثير كبير على تفكك حبيبات الرمل عن بعضها واضطرابها واحتكاكها ببعضها ومن ثم تخلص ما علق بها من مواد هلامية — فلقد عملت تجارب لايجاد العلاقة بين نسبة تمدد و درجة نظافة الرمل — ونتيجة لهذه التجارب ظهر أن أحسن نسبة للتمدد هي ٥٠ ٪ — أى أنه يجب ضغط ماء الغسيل فى شبكة صرف المرشح بحيث يسبب أثناء ارتفاعه فى المرشح تمدداً للرمل قدره ٥٠ ٪ من ارتفاعه الأصلى — وبديهى أن كمية الماء اللازمة لذلك تتوقف على عدة عوامل أهمها :

درجة الحرارة . حجم حبيبات الرمل . الوزن النوعى لحبيبات الرمل .

أنواع المرشحات :

وأنواع المرشحات تبعاً للشركات المنتجة لها هى :

جويل (Jewell) . باترسون (Paterson) . سيمنز (Semens) برميتيت (Permuittite) . باماج (Pamag) . رايزرت (Re'sert) وجميع هذه المرشحات متشابهة فى الأسس الرئيسية للتصميم والتشغيل والانشاء وان اختلفت بعض الشيء فى بعض التفاصيل .

القوانين الهيدروليكية لتشغيل المرشح الرملى السريع :

١ — أهم هذه القوانين هو الذى يوضح معدل الترشيح ومنه يمكن حساب المساحة اللازمة للمرشحات وهو :

$$Q = A \times q \qquad (١)$$

حيث Q = هو التصرف الكلى للمرشحات فى اليوم .

A = المساحة الكلية للمرشحات .

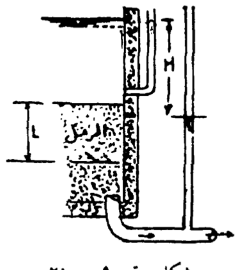
q = معدل الترشيح ويساوى كما سبق ذكره .
من ١٢٠ — ١٨٠ متر٣/متر٢/اليوم

٢ — الفاقد فى عامود ضغط المياه أثناء الترشيح (Loss of head) :

وهذا توضحه معادلة دارسى (Darcy)

$$V = K \times \frac{H}{L} \quad (٣)$$

حيث V_1 = سرعة المياه فى مسام الرمل
K = معامل نفاذية الرمل
L = سمك طبقة الرمل
H = الفاقد فى عامود الضغط (شكل ٩ — ٢٠)



شكل رقم ٩ — ٢١

ولابد لحساب قيمة H من معرفة قيمة بقية الحدود . فنجد أن قيمة L معروفة وهى فى المرشح عادة من ٦٠ — ٧٥ سنتيمتر .

أما قيمة كل من $K \cdot V_1$ فتعتمد على درجة مسامية الرمل والمعادلات الآتية تعطى العلاقة بين V_1 العوامل المؤثرة على الفاقد فى عامود الضغط أثناء الترشيح :

$$V_1 = \frac{V_2}{P} \quad (٤)$$

$$K = cd_w^2 \ (o. + 0.03\,t) \ \frac{P^3}{(1-P^2)} \quad (٥)$$

حيث V_1 = سرعة المياه فى مسام الرمل (متر /يوم)

V_2 = سرعة المياه فى جسم المرشح فوق طبقة الرمل (متر /يوم)

p = درجة مسامية الرمل (Porosity)

K = معامل النفاذية للرمل .

C = معامل ثابت يتغير تبعاً لنوع الرمل ويساوى عادة حوالى ٢٥٠

d = القطر الفعال للرمل .

t = درجة الحرارة بالتقدير السنتجرادى

كما أن هيزن (Hazen) يعطى المعادلة الآتية للربط بين هذه المتغيرات .

$$V = C_1 \ d^2 \ \frac{H}{L} \ \frac{T + 10}{60} \quad (٦)$$

حيث V = سرعة المياه فى جسم المرشح فوق طبقة الرمل (متر /يوم)

C_1 = معامل يتغير تبعاً لنوع الرمل تتراوح قيمتها من ٥٠٠ إلى ٧٠٠

H = الفاقد فى عامود الضغط

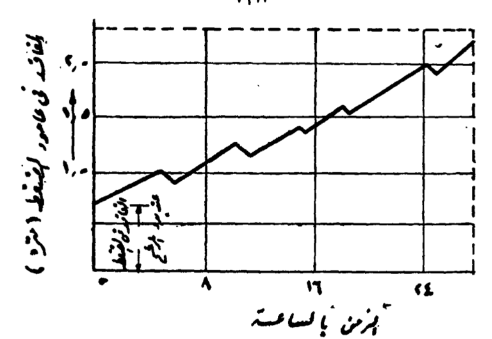
L = ارتفاع طبقة المرشح (شكل ٩ — ٢١)

T = درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايتى .

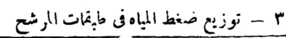
وبديهى أن درجة مسامية الرمل (P) تتغير بمضى الوقت نظراً لتراكم الرواسب فى مسام الرمل ومن ثم تقل نفاذية المرشح (K) وبالتبعية يزداد الفاقد فى عامود الضغط حتى يصل إلى أقصاه وعندئذ يلزم ايقاف الترشيح وغسل المرشح .

وتقدر مسامية المرشح عند بدء الترشيح بحوالى ٣٥ ٪

والشكل رقم (٩ — ٢٢) يبين ازدياد الفاقد فى عامود الضغط بمضى الوقت بعد بدء الترشيح .

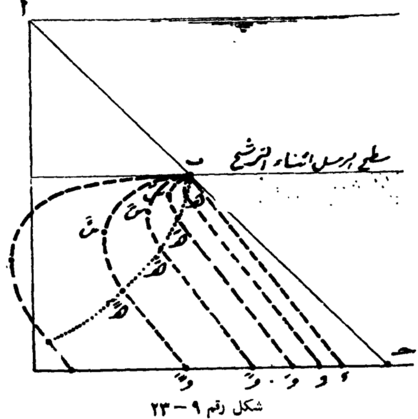


شكل رقم ٩ - ٢٢



٣ – توزيع ضغط المياه فى طبقات المرشح

يبين شكل (٩ – ٢٣) الضغط الهيدروستاتيكى للمياه عند الأعماق



شكل رقم ٩ – ٢٣

المختلفة للمرشح فى الأوقات المختلفة للتشغيل :

فالخط آ ب جـ يمثل الضغط عند عدم تشغيل المرشح وهو خط مستقيم والخط آ ب د يمثل الضغط عند بدء تشغيل المرشح والرمل لا يزال نظيفاً ولم يحجز أية مواد عالقة فى مسامه . والمسافة « جـ د » تمثل الفاقد فى الضغط نتيجة للاحتكاك بين حبيبات الرمال والمياه أثناء سير المياه فى مسام المرشح . ويلاحظ أن الجزء « ب د » خط مستقيم و يمثل معدل انخفاض الضغط — أى أن معدل النقص فى الضغط ثابت بكامل عمق المرشح .

فاذا بدأت المواد العالقة فى الترسيب بين مسام الرمال . يأخذ الفاقد بالاحتكاك فى الازدياد ويظهـر ذلك بانخفاض خط الضغط إلى الخط آ ب هـ و ثم إلى الخط آ ب هـَ وَ ——— .

ويلاحظ أن الأجزاء ب هـ . ب هـَ . ... من هذه الخطوط منحنية بينما تستقيم الأجزاء هـ و . هـَ وَ وتوازى الخط ب د وتفسير لذلك يمكن القول أن تراكم المواد العالقة فى الطبقات العليا للمرشح تسبب انخفاضاً فى مساميها وبالتالى زيادة فى مقاومتها لمرور المياه فيها أى زيادة الفاقد فى عامود ضغط المياه بينما يكون معدل انخفاض الضغط فى الأجزاء من المرشح التى لم تترسب فى مسامها المواد العالقة لا يزال ثابتاً ولذلك يظهر خط الضغط فى هذه الأجزاء موازياً للخط « ب د » . وبذلك يمكن القول أن النقط هـ . هـَ ... هى الأعماق التى تصل اليها المواد العالقة فى طبقات المرشح .

وباستمرار عملية الترشيح يزداد الفاقد فى الضغط ويزداد تسرب المواد العالقة إلى أعماق أكبر فى جسم المرشح إلى أن يصل قيمة الفاقد فى الضغط إلى الحد الأقصى المسموح به . ويمكن تحديد الأعماق التى يصل الضغط فيها إلى أدنى قيمة فى أية لحظة أثناء الترشيح برسم مماس رأسى للمنحنيات : ب هـ

ب ﹷ هـ ﹷ ، بَ هـ ... وبذلك تكون النقط س ، س ﹷس ... فى الشكل هى النقط التى يحدث فيها اقل قيمة لضغط المياه أثناء الترشيح - فاذا تقاطع أحد الخطوط الممثلة لقيمة ضغط المياه فى المرشح أثناء الترشيح مع الخط الرأسى من النقطة « أ » كان ذلك دليلا على حدوث ضغط سالب (Negative head) فى المرشح الأمر الذى يجب العمل على تلافيه إذ يترتب على ذلك انطلاق الغازات الذائبة فى الماء مكونة فقاقيع داخل مسام الرمال مما يعوق حركة المياه فى المرشح ويقلل من المساحة الفعالة للمرشح وبالتالى انخفاض فى جودة الترشيح وكذلك احتمال حدوث فجوات فى طبقة الرمل عند تصاعد هذه الغازات وخلال هذه الفجوات تتسرب المياه دون ترشيح مما يقلل كذلك من جودة الترشيح .

وتختلف هذه الخطوط الموضحة لضغط المياه فى طبقات المرشح تبعاً لحجم الرمال المستعملة فى كل مرشح . فنجد أن فى الرمال الخشنة نسبياً تحدث الضغوط السالبة فى طبقات عليا للمرشح بينما تخترق المواد العالقة مسام الرمال إلى أعماق كبيرة . وبالعكس من ذلك للمرشحات ذات الرمال الناعمة . فان الضغط السالب يحدث فى قاع المرشح ولا تخرق المواد العالقة الا إلى أعماق قليلة فى المرشح .

٤ - مدة الترشيح (Duration of filter run) :

وهذه هى الفترة ما بين عمليتى غسيل وتتوقف طولها على : معدل الترشيح . عمق طبقة الرمل ، قطر حبيبات الرمل . مسامية الرمل . عكارة الماء - ويمكن تقدير طولها بالمعادلة الآتية التى يقترحها بايلس (Baylis)

$$T = K_o \frac{d^{2.15}}{q^{1.5}}$$

حيث T = مدة الترشيح بالساعة

d = القطر الفعال للرمل بالمليمتر .

K = ثابت يتوقف على عكارة المياه

q = معدل الترشيح (جالون/قدم٢/دقيقة)

ومن الناحية العملية يوقف تشغيل المرشح فى الحالات الآتية :

١ – عند وصول فاقد عامود الضغط إلى الحد الأقصى وهو حوالى متر ونصف .

٢ – عند ظهور موّاد عالقة فى المياه المرشحة .

٥ – عمق طبقة الرمل (Depth of Sand bed) :

لقد وجد بالتجربة على المرشحات الصغيرة فى المعمل أن عمق طبقة الرمل اللازمة لحجز النذف والمواد الهلامية طول مدة تشغيل المرشح أى حتى يصل الفاقد فى عامود ضغط المياه أقصاه يتوقف على حجم حبيبات الرمل ، وعلى معدل الترشيح – ويسمى هذا العمق بالعمق الحرج (Critical depth) .

والجدول رقم ١٤ يعطى العمق الحرج للأقطار المختلفة للرمل عندما كان معدل الترشيح ١٦٠ متر٣/متر٢/يوم .

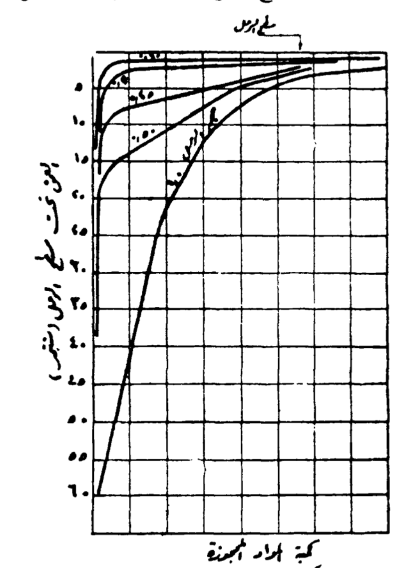
جدول رقم ١٤

القطر (مم)	العمق الحرج (سم)
٠٠,٣٧	٧,٥
٠٠,٤٣	١١,٥
٠٠,٥٠	١٥,–
٠٠,٦٠	٢٢,٥
٠١,٧٦	٢٧,٥

ومن هذا الجدول يتضح نظرياً أنه يكفى طبقة من الرمل بارتفاع خمسة عشر سنتيمتراً لترشيح المياه إذا كان قطر الرمل ٠٫٥٠ مم وهو الحجم الفعال للرمل المستعمل فى المرشحات الرملية السريعة .

الا أنه من الناحية العملية ونظراً للتشققات التى تحدث فى جسم الرمل أثناء عملية الترشيح والى تسبب تسرب المواد العالقة إلى أعماق كبيرة فى جسم الرمل مما يخشى منه تسرب المياه دون ترشيح كامل . فقد روئى عملياً ألا يقل عمق طبقة الرمل عن ستين سنتيمتراً .

ولقد أظهرت التجارب التى عملت لقياس تركيز المواد العالقة فى جسم المرشح فى نهاية فترة الترشيح (شكل ٩ — ٢٤) أن المواد العالقة تصل إلى أعماق



شكل رقم ٩ — ٢٤

حوالى أربعين سنتيمتراً إذا كان قطر الرمل المستعمل ٠,٥ مم وإلى ستين سنتميتراً إذا كان القطر ١,٠ مم مما يؤيد الرأى القائل بألا يقل عمق طبقة الرمل عن ستين سنتيمتراً .

٦ - نسبة تمدد الرمل أثناء الغسيل :

ويوضح هيزن (Hazen) العلاقة بين هذه العوامل المختلفة بالمعادلة

$$R = 30 d^{1.5} (1 + 0.060 X) \frac{T + 10}{60} \qquad (8)$$

حيث R = معدل ارتفاع مياه الغسيل (بوصة / دقيقة) .

d = القطر الفعال للرمل ملليمتر .

X = النسبة المئوية لتمدد الرمل .

T = درجة الحرارة بالتقدير الفهرنهايتى .

٧ - فاقد عامود الضغط أثناء الغسيل :

ولحساب هذا الفاقد يعتمد على قانون دراسى (Darcy)

$$H = \frac{V_1 L_1}{K_1} \qquad (9)$$

حيث L_1 = ارتفاع طبقة الرمل بالمتر أثناء عملية الغسيل أى بعد التمدد الذى يحدثه اندفاع الماء من أسفل إلى أعلى فى جسم الرمل .

K_1 = معامل نفاذية الرمل أثناء تمدده .

V_1 = سرعة ارتفاع الماء فى مسام الرمل

H = الفاقد فى عامود الضغط (متر) .

ولابد لحساب قيمة H من معرفة قيمة بقية الحدود . فنجد أن قيمة L_1 يمكن معرفتها إذا علمت النسبة المئوية لتمدد الرمل (X) وهذه يمكن الحصول عليها من المعادلة رقم (٨) أعلاه .

أما قيمة كل من V_1 ، K_1 فتعتمد على درجة مسامية الرمل أثناء التمدد .

$$V_1 = \frac{V_2}{P_1} \qquad (١٠)$$

$$K_1 = C\ d^2\ (0.7 + 0.03\ t)\ \frac{P_1^3}{(1-P_1)^2} \qquad (١١)$$

حيث V_1 = سرعة المياه فى مسام الرمل أثناء الغسيل متر /يوم

V_2 = سرعة المياه فى جسم المرشح فوق طبقة الرمل متر / يوم

P_1 = درجة مسامية الرمل أثناء الغسيل

K_1 = درجة نفاذية الرمل أثناء الغسيل .

C = معامل ثابت يتغير تبعاً للنوع الرمل ويساوى حوالى ٢٥٠

d = القطر الفعال للرمل .

t = درجة الحرارة بالتقدير السنتجرادى .

أما قيمة P_1 وهى مسامية الرمل أثناء الغسيل ، فيمكن ايجادها من المعادلة :

$$L\ (1 - P) = L_1\ (1 - P_1) \qquad (١٢)$$

حيث L = عمق الرمل أثناء الترشيح .

L_1 = عمق الرمل أثناء الغسيل ويحدد بمعرفة قيمة نسبة التمدد (X) فى المعادلة . (٨) . ص ٣٤٢

P = مسامية الرمل أثناء الترشيح (حوالى ٣٥٪) .

P_1 = مسامية الرمل أثناء الغسيل .

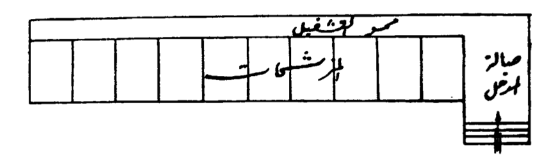
مبنى المرشحات

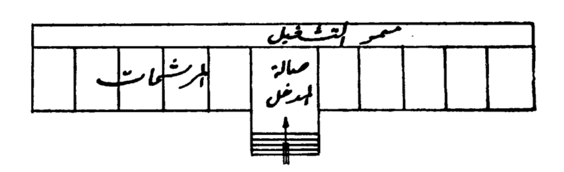
وتوضع المرشحات الرملية الشريعة داخل مبنى يحتوى الأجزاء الرئيسية الآتية :

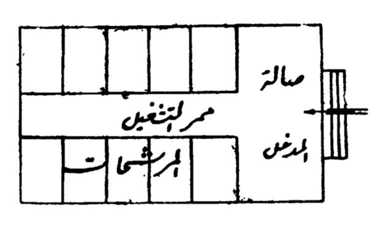
١ — صالة المرشحات :

ويخترقها ممرات ذات طابقين — وعلى جانب واحد أو جانبى الممرات توجد المرشحات والطابق العلوى للممرات يكون على مستوى الحافة العليا للمرشح ويسمى بطابق التشغيل (Operating floor) وبه أمام كل مرشح لوحة التشغيل بما عليها من أيادى — لتشغيل صمامات قفل أو فتح المياه من والى المرشح ، كما يوجد عليها صمام لأخذ عينة من الماء الخارج من المرشح لاختباره وفحصه عند الحاجة ويوجد عليها كذلك أجهزة قياس التصرف الخارج من المرشح والفاقد لضغط المياه أثناء عمليـــة الترشيح حتى إذا وصل هذا الفـــــاقد إلى أقصاه أوقف المرشح عن العمـــل استعداداً للغسيل .

أما الطابق الأسفل من الممرات فيحتوى على المواسير الخاصة بالمياه المرسبة والمياه المرشحة وميـــاه الغسيل والهواء المضغوط ومركب عليهـا منظمات معدل الترشيح وكذلك الصمامات اللازمة لتشغيل المرشح ويجب ملاحظة أن يكون هذه الممرات العلوية والسفلية بالاتساع الكافى الذى يضمن سهولة التشغيل واصلاح المواسير والصمامات أو استبدالها عند الحاجة . والشكل رقم (٩ — ٢٥) يبين تخطيطات مختلفة للمرشحات داخل صالة المرشحات كما يبين شكل رقم (٩ — ٢٦) قطاع فى هذه الصالة .

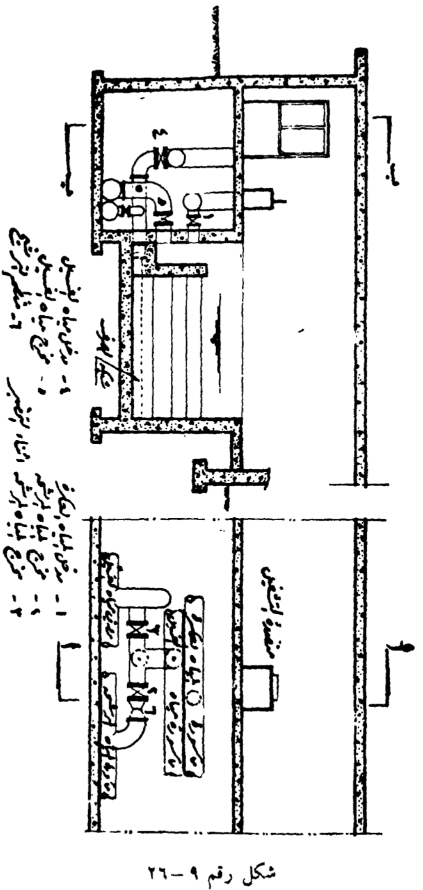






شكل رقم ٩ — ٢٥

ويفضل دائماً أن تكون صالة المرشحات مسقوفة لمنع تلوث المرشحات ومنع تعرضها لأشعة الشمس التى تساعد على نمو الطحالب .



شكل رقم ٩ – ٢٦

٢ — صالة كباسات الهواء :

حيث توجد كباسات الهواء اللازمة لضغط الهواء فى المرشحات عند بدء عملية الغسيل وذلك للمساعدة فى تنظيف الرمل .

٣ — معمل اختبار المياه : حيث توجد الأجهزة اللازمة للاختبارات الكيميائية والبكتريولوجية للمياه .

٤ — حجرة أجهزة الكلور : حيث توجد الأجهزة اللازمة لحقن الكلور فى الماء بجرعات خاصة كافية لتطهيره .

٥ — حجرات الإدارة : حيث يوجد المسئولون عن تشغيل الصالة وحيث تخزن بعض المهمات اللازمة للتشغيل .

٦ — وفى بعض الحالات يوجــد بمبنى المرشحات حجــرات خاصة للأجهزة اللازمة لتغذية المياه بالكيماويات الضرورية (Coagulant feeders) الا أنه يفضل غالبا بناء مبنى خاص لهذه الأجهزة .

على أنه بالاضافة إلى الناحية الهندسية وقيام المبنى بالغرض اللازم من انشأته فأنه يجب عدم اغفال الناحية المعمارية والفينة فى المبنى نظراً لأهميتها من الناحية النفسانية للجمهور ، إذ أن فى جمال المبنى خارجياً وحسن اضاءته وتهويته واتساعه فى الداخل ما يعطى الجمهور ثقة فى تشغيله وادارته وحسن انتاجه .

خزان المياه المرشحة

(Clear Water Tank)

والغرض منه هو استقبال المياه بعد خروجها من المرشحات ومنه تأخذ محطات طلمبات الضغط العالى المياه لدفعها فى شبكات توزيع المياه فى المدينة ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الأرض بالقرب من مبنى المرشحات

على أن تكون سعته كافية لتستوعب تصرف المدينة فى خلال فترة تتراوح من ستة إلى ثمانية ساعات والغرض من ذلك هو ضمان امداد المدينة بالمياه فى حالة تعطل محطة التنقية أو محطة الرفع الواطى لفترة ما كما أن الغرض منه هو الموازنة ما بين تصرف محطة التنقية الذى يكاد يكون ثابتاً طول اليوم وتصرف المدينة - أى تصرف طلمبات الضغط العالى - الذى يتغير ومن يوم إلى يوم فى الأسبوع على مدار العـــام فعندما يكون استهلاك المدينة أقل من تصرف محطة التنقية يرتفع الماء فى المخزن - حتى إذا كان استهلاك المدينة أكبر من تصرف محطة التنقية وجدنا رصيداً من المياه ترفعها الطلمبات لضغطها فى شبكة مواسير التوزيع .

كما انه فى بعض الحالات يبنى هذا الخزان تحت المرشحات مباشرة إلا أن هذا غير مفضل نظرا للصعوبات الانشائية التى قد تعترض التنفيذ .

على أنه فى كلتا الحالتين يجب أن يبنى الحوض بطريقة تجعل المياه تسير فيه بانتظام فى كامل قطاعه ويتم ذلك ببناء حوائط حائلة (baffles) توجه المياه من المدخل إلى المخرج مع منع تواجد مناطق مشلولة (dead zone)

وأحواض التخزين هذه غالباً من الخرسانة المسلحة ذات سقف مزود بفتحات للتهوية مغطاة بالسلك الدقيق الذى يسمح بمرور الهواء ولا يسمح بدخول الأتربة والحشرات على أن تكسى الحوائط والأرضية بمونة الأسمنت المخلوط بمادة لمنع تسرب المياه - كما يعمل القاع بانحدار إلى مواسير الصرف لا مكان تنظيف الحوض .

كما يفضل أن تمر المياه عند دخولها إلى الحوض على هدار أو حائط حائل وبذلك يمكن تفريغ الحوض إلى منسوب الهدار فقط إذا أريد اصلاح ماسورة أو صمام المدخل أما ماسورة المخرج فتوضع على القاع حتى يمكن تفريغ

الحوض منها – والشكل رقم ٩ – ٢٧ ، ٩ – ٢٨ توضح مساقط أفقية وقطاعات فى أنواع لهذه الأحواض .

التخطيط العام لمحطة التنقية :

من المعلوم لنا الآن أن محطة التنقية تكون من الوحدات الآتية :

١ – أحواض الترويب والترسيب .

٢ – مبنى المرشحات .

٣ – خزان المياه التنقية .

كما يوجد عادة فى نفس الموقع :

١ – محطة طلمبات الضغط الواطى التى ترتفع المياه من المأخذ إلى أعمال التنقية .

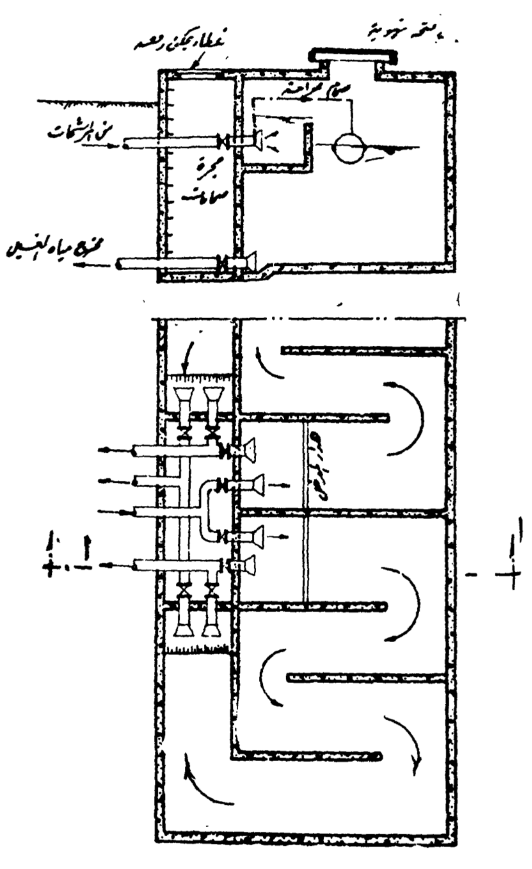
٢ – محطة طلمبات الضغط العالى التى ترتفع المياه من خزان المياه النقية إلى شبكة توزيع المياه والخزانات العالية (Elevated tanks) .

٣ – مبنى الادارة حيث يوجد المهندسون والموظفون والعاملون بالمحطة وكذلك المخازن اللازمة .

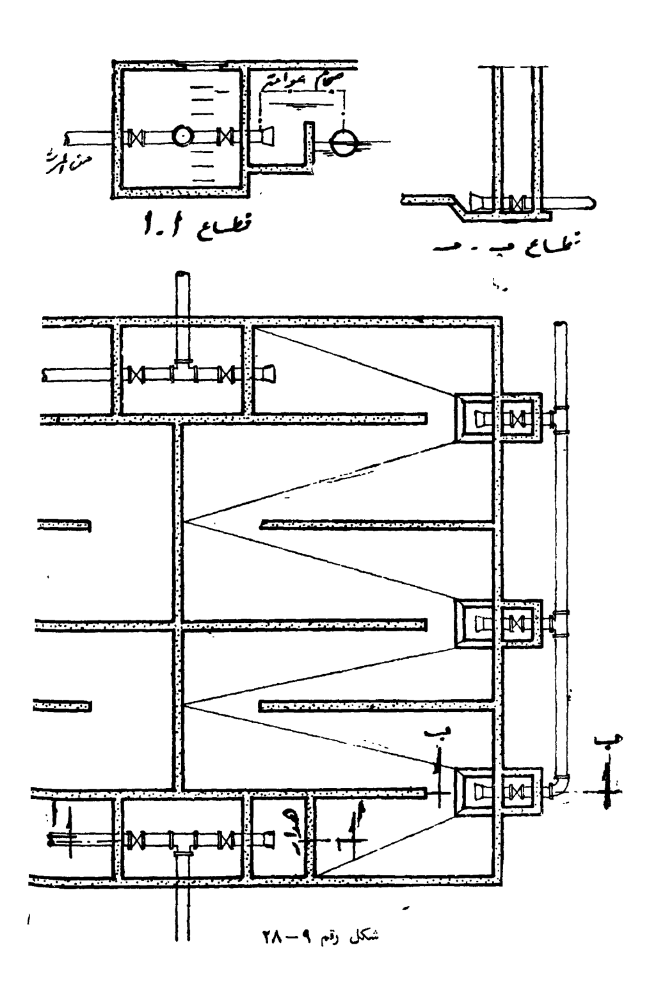
ويتوقف تخطيط هذه الوحدات بالنسبة لبعضها على مساحة وشكل الأرض التى ستقام عليها الوحدات الا أنه يجب أن يراعى فى التخطيط بالاضافة إلى جمال المنظر العام سهولة الوصول بين كل وحدة وأخرى وكذلك تتابع سير المياه فى محطة التنقية من وحدة إلى أخرى – وذلك تيسيراً لتخطيط شبكات المياه ما بين الوحدات المختلفة واقتصاداً فى تكاليف هذه المواسير .

خزان الرواسب وطلمبات رفع الرواسب :

والغرض من هذا الخزان هو استقبال الرواسب الناتجة من تنظيف أحواض الترويق . وكذلك مياه غسيل المرشحات – والغرض من طلمبات


فتحة تهوية
صمام عوامة
من المرشحات
حجرة محابس
مخرج مياه الغسيل

شكل رقم ٩ — ٢٧



شكل رقم ٩ — ٢٨

هو رفع هذه الرواسب من الخزان كلما امتلأ - وقذفها في مصرف مجاور للمحطة أو قذفها في المجرى المائى الذى تسحب منه المياه على شرط أن تكون نقطة صب الرواسب فى المجرى المائى تحت التيار (down stream) بالنسبة لمأخذ المياه بمسافة كافية لمنع تلوث المياه عند المأخذ بهذه الرواسب .

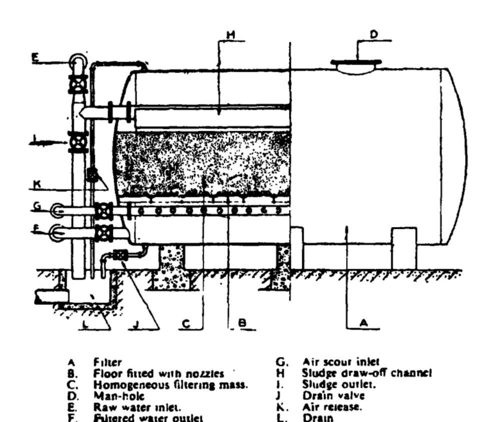
وبديهى أن كل من خزان الرواسب وطلمبات الرواسب لا تستعمل إلا إذا كان منسوب مخرج هذه الرواسب من أحواض الترويق أو المرشحات أوطى من منسوب المياه فى مجرى الماء الذى تستقبل هذه الرواسب أما إذا كان مخرج الرواسب أعلى من منسوب المياه فى المجرى المائى ، فأنه يستغنى عن طلمبات الرواسب نظراً لامكان صرفها بالانحدار الطبيعى .

المرشحات الرملية السريعة بالضغط

Rapid Sand Pressure Filter

وهذه عبارة عن أسطوانة من الصلب محكمة أما رأسية أو أفقية المحور والنوع الراسى يتراوح قطره من نصف متر إلى ثلاثة متر وارتفاعه من مترين إلى أربعة أمتار - وهو يستعمل للتصرفات الصغيرة - كما أن النوع الأفقى يتراوح قطره من ٢,٥ إلى ٣,٥ متر ويبلغ طوله حتى سبعة أمتار وهو يستعمل للتصرفات الكبيرة .

ولا تختلف هذه المرشاحت فى داخلها عن المرشحات التى تعمل بالجاذبية فتوجد فيها شبكة لصرف المياه المرشحة من نوع : perforated pipe underdrains تعلوها طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل(شكل ٩ - ٢٩ ٩ - ٣٠) بنفس مواصفات الرمل والزلط المستعمل فى المرشحات التى تعمل بالجاذبية .

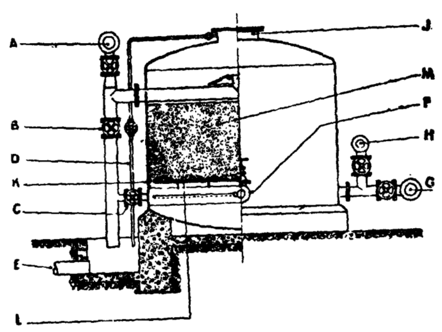


شكل رقم ٩ — ٢٨

وطريقة التشغيل هى أن تضغط المياه بعد الترسيب بواسطة طلمبات ذات ضغط عالى إلى المرشحات فتمر فى الرمل والزلط إلى شبكة الصرف ومنها إلى شبكة التوزيع رأساً دون أن تمر على خزان المياه النقية — ويستمر هذا حتى يبلغ فاقد عامود الضغط فى المرشح أقصاه ثم — يتم غسله بالطريقة التى سبق شرحها فتتفكك حبيبات الرمل عن بعضها ومن ثم باحتكاكها مع بعضها تتلخص مما علق بها من مواد هلامية تخرج مع المياه من المرشح .

كما أنه لابد من فترة انضاج للمرشح بعد عملية الغسيل قبل استعمال المرشح .

ومعدل الترشيح فى هذه المرشحات هو ١٠٠ — ١٥٠ متر مكعب/ متر٢/يوم .



A.	Raw water inlet.	G	Filtered water outlet
B	Wash-water outlet.	H.	Wash-water inlet.
C	Drain	J.	Manhole.
D	Air outlet	K.	Metal floor
E.	Dirty water outlet.	L.	Nozzles
F.	Compressed air inlet	M.	Filtering medium of uniform size grading.

شكل رقم ٩ – ٢٩

استعمالات المرشح بطريقة الضغط :

لا يستعمل هذا النوع من المرشحات لعمليات المياه الكبرى بل يقتصر استعماله على الحالات الآتية :

١ – الأغراض الصناعية – لترشيح مياه لمصنع بعيد عن مصادر المياه النقية .

٢ – امداد المجتمعات السكنية الصغيرة بالمياه النقية .

٣ – امداد المجتمعات السكنية المؤقتة (كالمعسكرات الصيفية والثقافية والترفيهية) أو الوحدات السكنية المتنقلة كوحدات الجنود

المحاربة وفى هذه الحالات يثبت المرشح على سيارة نقل عادية (لورى) لسهولة انتقاله من مكان لآخر حسب الحاجة .

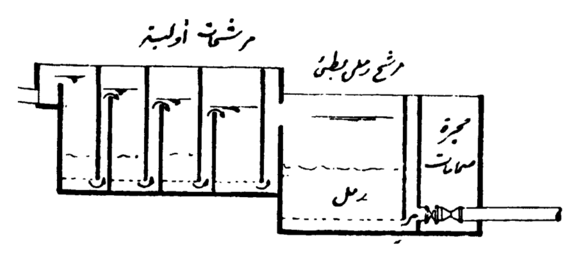
٤ — تنقية المياه فى حمامات السباحة .

مرشح بيش شابل

وهو أحد أنواع المرشحات البطيئة ويتكون من عدة مرشحات متتالية تبدأ بمرشح من الزلط الرفيع ثم مرشحات من الرمل الخشن يتبعها مرشح رملى بطىء وتمر الميـاه فى انتقالها من مرشح إلى آخر فوق هدار لتعريضها للهواء لازالة ما قد يكون بها من روائح أو أملاح للحديد — وتصلح هذه المرشحات للمناطق التى تعلو فيها نسبة تلوث المياه فى الترع الملاحية والأنهار الصغيرة — ولكنها ليست منتشرة الاستعمال نظراً لأنها تتكلف مصاريف باهظة وذلك لكبر المساحات اللازمة للترشيح (شكل ٩ — ٣٠)

أسس تصميم مرشحات بتش شابل :

١ — تتكون هذه المرشحات من ستة مرشحات أو أقل تعمل على التوالى، الأربعة الأولى منها مادة الترشيح فيها من الزلط الرفيع كالآتى :—



شكل رقم ٩ — ٣٠

المرشح الأول :	حجم الزلط	٢٠ ملليمتر
المرشح الثانى :	حجم الزلط	١٣ ملليمتر
المرشح الثالث :	حجم الزلط	٨ ملليمتر
المرشح الرابع :	حجم الزلط	٥ ملليمتر

على أن مساحة كل مرشح تختلف عن المرشح الآخر إذ أن معدل الترشيح يختلف من مرشح إلى الآخر – وتقترح المواصفات أن تكون النسبة بين مساحات الأربعة مرشحات كالآتى :

المرشح الأول	المرشح الثانى	المرشح الثالث	المرشح الرابع
١	١.٥	٢.٥	٥

ويتبع المرشحات الأربعة مرشح مكون من الرمل الحرش على أن تكون مساحته اثنى عشر ضعفاً لمساحة المرشح الأول . ثم يتبع ذلك المرشح الرملى البطىء ومساحته تساوى خمسين ضعفاً لمساحة المرشح الأول – وسرعة الترشيح فيه من ٤ – ٨ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم .

وتغسل المرشحات الخشنة بالهواء المضغوط والماء كالمرشحات الرملية السريعة العادية . بينما يغسل المرشح البطىء فى نهاية المرشحات بكشط الطبقة العليا من الرمل أسوة بالمرشحات الرملية البطيئة العادية .

الباب العاشر

تطهير المياه

Disinfection of Water

تطهير الماء هو قتل جميع ما قد تجريه من بكتريا مسببة الأمراض Disease producingbacteria وكذلك بكتريا القولون(Cloriform Bacteria) ولكنها لا تعنى قتل جميع البكتيريا الموجودة فى الماء — إذ أن هذا ما يطلق عليه تعقيم (Sterilzation) أى قتل كل الكائنات الحية فى الماء .

وعملية تطهير الماء لا تغنى عما يسبقها من عمليات الترسيب والترشيح أى أنها ليست بديلة ولكنها مكملة لما يسبقها من عمليات . والغرض منها قتل البكتريا المسببة للأمراض التى لم تحجز فى أحواض الترسيب أو المرشحات .

وتتم عملية التطهير باحدى الطرق الآتية :

١ — التطهير بالكلور (الكلورة) (Chlorination)

٢ — التطهير بالأوزون (Ozonization)

٣ — تعريض الماء للأشعة الفوق بنفسجية (Expossure to Ultra violet ray)

٤ — التسخين (Heating)

٥ — التطهير بالجير (Addition of lime)

٦ — التطهير بالبروم واليود (Addition of bromine & iodine)

٧ — تعريض الماء لأشعة الموجات فوق الصوتية (Ultra sonic wave)

وأكثر الطرق استعمالا فى عمليات المياه الكبرى هى اضافة الكلور — بينما يستعمل الأوزون أحيانا فى عمليات تطهير مياه حمامات السباحة أما الطرق الأخرى فنادراً ما تستعمل . الا فى العمليات الخاصة الصغيرة أو للأغراض المنزلية .

التطهير بالكلور (Chlorination)

وهى أكثر طرق تطهير المياه شيوعاً نظراً لسهولة استعماله وكذلك لسهولة الحكم على مدى فاعليته التى تتم (كما سترى فيما بعد ذلك) بالتأكيد من

وجود نسبة من الكلور فى الماء بعد فترة من اضافته . وتتم عملية التطهير بالكلور باضافة جرعة من غاز الكلور (Chlorine dose) إلى الماء قبل الاستعمال.

وتتوقف فاعلية الكلور فى قتل البكتريا على العوامل الآتية :

١ - درجة تركيز الأيون الهيدروجينى (Hydrogenion Concentration) فلقد تبين أن الماء ذات التركيز الهيدروجينى المنخفض يلزمه جرعات كلور أصغر من الماء ذات التركيز الهيدروجينى المرتفع للحصول على نفس كفاءة التطهير .

٢ - درجة الحرارة :

تقل جرعة الكلور بارتفاع درجة الحرارة للحصول على نفس كفاءة التطهير .

٣ - مدة التفاعل بين الكلور والماء (Time of Contact)

إذ تزيد فاعلية الكلور كلما طال هذا الزمن - ونظراً لاختلاف مقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور عليها فقد وجد أنه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة بعد اضافة الكلور قبل استعمال الماء .

٤ - قلوية وحامضية الماء (Alkalinity & acidity) :
وتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء - ولذلك يلزم جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية الماء .

٥ - وجود المركبات الأزوتية فى الماء (Nitrogentious compound) : خاصة الأمونيا (Amonia) إذ أن فى تواجد هذه المركبات فى الماء أضعاف لفاعلية الكلور فى قتل البكتريا - ولذا يلزم أما اضافة جرعات أكبر أو اطالة فى وقت التفاعل بين الكلور والماء .

٦ – وجود مركبات الحديد والمنجنيز :

وهذه أيضاً تحد من فاعلية الكلور فى قتل البكتريا .

٧ – نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها :

إذ أن لكل ميكروب مقاومة معينة لفعل الكلور – ولذا يلزم اختبار الماء لمعرفة أنواع الميكروبات التى يراد قتلها بالكلور – كما أن لعدد البكتريا الموجودة فى الماء تأثير على جرعة الكلور الواجب اضافتها – فكلما زاد العدد زادت الجرعة اللازمة .

٨ – عكارة الماء (Turbidity) :

فكلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تحتمى بالمواد المسببة بالعكارة من تأثير الكلور .

٩ – طريقة اضافة الكلور :

فالكلور يمكن اضافته (كما سنرى فيما بعد) على هيئة غاز أو محلول أو مسحوق لأحد مركباته ، ولقد وجد أن اضافته كغاز أكثر فاعلية من اضافة كمحلول ، وهذه أكثر فاعلية من اضافته على شكل مسحوق لأحد مركباته .

١٠– جرعة الكلور (Chorine dose) :

وبديهى أن فاعلية الكلور فى القضاء على البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة إلى الماء .

جرعة الكلـورين (Chlorine dose) :

وهى كمية الكلور المضافة إلى الماء مقدرة بالجزء فى المليون وهى تتراوح ما بين نصف جزء إلى جزء فى المليون فى الأحوال العادية – أما فى حالات

الطوارىء كانتشار الأمراض المعدية التى تنتقل عن طريق الماء فقد تزاد هذه الجرعة إلى جزئين فى المليون .

الكلورين المستهلك (Chlorine demand)، **الكلورين المتبقى** (chlorine resieua)

عندما يضاف الكلور إلى الماء يستهلك جزء منه فى التفاعل مع الكيماويات التى قد تتواجد فى الماء — هذا الجزء يسمى بالكلورين المستهلك (demand chlorine) — ويبقى جزء آخر فى الماء وهو ما يسمى الكلورين المتبقى (chlorine residual) .

أى أن جرعة الكلور = الكلور المستهلك + الكلور المتبقى

وتتوقف كمية الكلور المتبقى على العوامل الآتية :

١ — درجة الحرارة .

٢ — الزمن الذى مضى بعد اضافة الكلور .

٣ — كمية الكيماويات والشوائب التى قد تتواجد فى الماء .

٤ — جرعة الكلور .

ولاثبات اتمام عملية تطهير الماء يختبر الماء بعد نصف ساعة من اضافة الكلور للتأكد من أن الكلور المتبقى يتراوح بين ٠٫٢ — ٠٫٣ جزء فى المليون فى الأحوال العادية — أما فى حالات الطوارىء التى تزاد فيها جرعة الكلورين (كما سبق ذكره) فيصل الكلورين المتبقى إلى ٠٫٦ جزء فى المليون

ويمكن تقسيم الكلور المتبقى إلى نوعين :

١ — الكلور المتبقى الحر (frees residual chlorine) وهو الكلور الذى يوجد فى الماء على هيئة حامض هيبوكلوريك (hypochlorous acid) والذى ينتج من تفاعل الكلور مع الماء .

٢ — الكلور المتبقى المتحد (combined residual chlorine) — وهو الكلور الذى يوجد فى الماء على هيئة مركبات الكلور والأمونيا التى قد توجد أصلاًفى الماء أو قد تضاف إلى الماء قبل اضافة الكلور

إلا أنه عند اختبار الماء لمعرفة قيمة الكلور المتبقى لا يميز بين النوعين ويكفى ألا تقل هذه القيمة عن ٠٫٢ أو ٠٫٣ جزء فى المليون .

طرق اضافة الكلور : ـ

يضاف الكلور إلى الماء باحدى الطرق الآتية :

آ — على هيئة احدى مركبات الكلور التى يتصاعد منها الكلور عند اضافتها للمـاء .

وهذه المركبات تشمل :

١ — المسحوق المبيض (Bleaching powder) :

ويسمى أحياناً كلوريد الجير (Chloride of lime) أو الجير المكلور (Chlorinated lime) — وتركيبه الكيماوى هو مزيج من كلوريد الكالسيوم القاعدى كا كل ٢ كا (آ يد)٢ — $CaCl_2\ Ca(OH)_2$ وهيبوكلوريد الكلسيوم القاعدى كا (آكل)٢ كا (آ يد)٢ — $Ca(OCl)_2$. $Ca(OH)_2$

والمسحوق المبيض عبارة عن مسحوق أبيض مائل للاصفرار له رائحة قوية نفاذة يحتوى الجديد منه على ٣٢ ٪ من وزنه كلور فعال — إلا أن هذه النسبة تأخذ فى النقصان بمضى الوقت خصوصاً إذا تعرض للجو أو للضوء ولذلك يجب حفظه فى عبوات خاصة — محكمة القفل — كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال .

وتتوقف كمية المسحوق التى تستعمل للتطهير يومياً على العوامل الآتية :

١ — كمية الماء المراد تطهيره فى اليوم .

٢ — نسبة الكلور الفعال فى المسحوق المبيض .

٣ — جرعة الكلور المستعملة .

وبعد تقدير كمية المسحوق المبيض . تعمل عجينة شميكة (Paste) تخفف تدريجياً حتى تصير مستحلب (emulsion) بنسبة ١ : ١٠٠ — هذا المستحلب يمزج جيداً ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفى لازالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة .

٢ — هيبوكلوريد الكلسيوم (Calsium hypochlorite) :

وتركيبه الكيماوى هو كا (آكل)٢ ٤ آيد ٢ $Ca(OCl)_2 \quad 4H_2O$
وكمية الكلور الفعال تتراوح من ٦٠ إلى ٧٠ ٪ من وزنه ولذلك يطلق عليه تجارياً اسم (THT) (Hihg test hypochlorite) كما يطلق عليه أسماء تجارية أخرى (Pittochlor—Perchlorn) ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين .

وعند استعمال هيبوكلوريد الكلسيوم يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة مخصوصة .

٣ — هيبوكلوريد الصوديوم (Sodium hypochlorite) :

وتركيبه الكيماوى هو ص آكل — (Na O Cl) ويحتوى هذا الملح على ١٥٪ من وزنه كلور فعال — ولذلك لا يستعمل بكثرة بالاضافة إلى أن محلوله يسبب تآكلا فى المواسير .

واستعمال مركبات الكلور سواء المسحوق المبيض أو ديوكلوريد الصوديوم أو الكالسيوم أصبح غير شائع فى عمليات المياه الكبرى نظراً لمتاعب التشغيل إلا أنها لا تزال تستعمل فى الحالات الآتية :

١ - تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد انشائها أو اصلاحها .

٢ - تطهير مرشحات وخزانات المياه .

٣ - فى حالات الطوارىء مثل حالات الفيضانات أو عدم تواجد

ب - اضافة الكلور الغاز .

ويتميز غاز الكلور بالصفات الآتية :

١ - لونه أصفر مائل إلى الاخضرار .

٢ - رائحته نفاذة خانقة .

٣ - غاز الكلور أثقل من الهواء مرتين ونصف .

٤ - يسيل تحت الضغط العالى (٨٥ رطل على البوصة المربعة - حوالى ٧ كجم / مجم٢) ولذلك يحفظ وينقل على هيئة غاز مسأل بالضغط فى اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلى ألف كيلوجرام وتتوقف - العبوة المستعملة فى محطة تنقية على كمية الكلور المستهلك فى اليوم .

٥ - عندما يكون الغاز جافاً لا يسبب تآكل فى المعادن ولكنه يتفاعل مع المعادن إذا كان رطباً .

٦ - الكلور المسال أثقل من الماء مرة ونصف .

والغاز المتداول تجارياً يحفظ وينقل تحت ضغط كافى لأسالته (٧ - ١٠ ضغط جوى) فى اسطوانات من الصلب على أن يكون الغاز المسال خالى من الرطوبة ولا يحتوى على أكثر من ٠.٥ ٪ من الشوائب أى تبلغ درجة نقائه ٩٩.٥ ٪ .

ويضاف غاز الكلور فى بواسطة أجهزة خاصة تسمى أجهزة الكلورة (Chlorinator) وهى أن اختلفت فى الشكل أو طريقة التشغيل إذلا أنها تتفق فى الأسس الرئيسية التى تتلخص فى تخفيف الضغط على الغاز المسأل حتى يتحول إلى غاز ثم تمرير هذا الغاز فى كمية محدودة من الماء لاذابته بنسبه عاليه - ثم حقن المحلول فى الماسورة الرئيسيه للمياه عند مدخلها إلى خزان المياه النقية - على ألا يقل ضغط المحلول عند نقطة الحقن عن ثلاثة أمثال الضغط فى الماسورة الرئيسية للمياه وذلك ضمانا لكفاءة عملية الحقن .

ويبين الشكل رقم (١٠ - ١) رسما تخطيطاً لأحد أجهزة اضافة الكلور

كيف يقتل الكلور البكتريا :

هناك أكثر من تفسير لطريقة القضاء على البكتريا عن طريق اضافة الكلور - وأهم هذه التفسيرات هى :

١ - عند اضافة الكلور إلى الماء ينتج أكسوجين أحادى الذرة . هذا الأكسجين هو الذى يقضى على البكتريا .

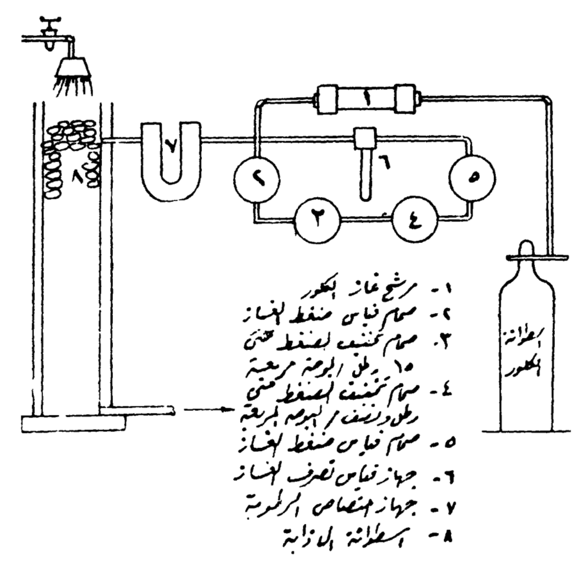
$$H_2O + Cl_2 \longrightarrow HCl + HOCl$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O$$

وكمية حامض الكلوريك (HCl) الناتجة من هذه العملية ضئيلة جداً لا أهمية لها .

٢ - تفاعل الكلور مع جدران خلية البكتريا ومحتوياتها مسبباً بذلك هلاكها .

٣ - احتراق خلايا البكتريا بفعل الكلور أو تحولها إلى مواد قابلة للذوبان ويؤيد هذا التفسير اختفاء بعض البكتريا وعدم تواجدها سواء حية أو ميته بعد اضافة البكتريا .



شكل رقم ١٠ – ١

اماكن اضافة الكلور فى محطة التنقية :

يمكن اضافة الكلور إلى الماء فى أكثر من موقع فى محطة التنقية تبعاً لحالة كل محطة - وكذلك تبعاً لصفات الماء المعالج فى كل حالة وتبعاً لتجارب وخبرات المشرف على التشغيل .

- الحقن فى مدخل خزان المياه النقية -- وهو ما يسمى :

Post Chlorination

وذلك باضافة الكلور إلى الماء بعد الترسيب والترشيح أى فى مدخل حوض المياه النقية وهذه الطريقة هى أكثر الطرق اتباعاً نظراً لبساطتها وسهولة تشغيلها وكفاءة فاعلية الكلور على البكتريا بسبب خلو الماء من أى عكارة أو شوائب .

ب - اضافة الكلور قبل أحواض الترسيب أو المرشحات (Prechlorination)

أى حقن الكلور قبل المرشحات أو قبل أحواض الترسيب :
وتتميز هذه الطريقة بالآتى :

١ - خفض تعداد البكتريا فى المياه قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح .

٢ - تطهير الرمل فى المرشح نظراً لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عملية الترشيح .

٣ - كفاءة عالية فى ازالة اللون من الماء .

٤ - نقص فى كمية الكيماويات المروبة إذ أضيف الكلور قبل أحواض الترويب .

٥ - كفاءة عالية فى ازالة الطعم والرائحة من الماء .

٦ - الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة فى داخل المرشح .

جـ - اضافة الكلور فى أكثر من موقع (Multiple chlorination) :

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيرى عالى نسبياً إذ يحسن فى هذه الحالة اضافة الكلور فى أكثر من نقطة على مسار الماء فى محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلورة .

كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة فى خزانات مكشوفة ففى مثل هذه الحالة يجب اضافة الكلور فى مخارج المياه من الخزانات المكشوفة بالرغم من سابق اضافة الكلور فى محطة التنقية .

د - إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد:

Super clhorination follwed by dechlorination

والمقصود بذلك . اضافة الكلور بجرعات زائدة عن المقرر قد تصل إلى ٢ أو ٣ جزء فى المليون . وبهذا يمكن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية الكلور بالاضافة إلى إبادة كميات كبيرة من المواد العضوية والطحالب التى قد تتواجد فى الماء مسببة بعض الطعم والرائحة :

وهذه الطريقة تتميز بالميزات الآتية :

١ - كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور على البكتيريا .
٢ - أكسدة الكلور للمواد العضوية التى قد تتواجد فى الماء .
٣ - الحد من الطعم والرائحة التى قد توجد فى الماء .
٤ - ابادة الكائنات الحية الدقيقة التى تقاوم الجرعات العادية للكلور .

على أنه يلزم ازالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا وذلك للحد من طعم ورائحة الكلور النفاذة فى المياه .

وطرق ازالة الكلور الزائد هى :

١ - اضافة ثانى أكسيد الكبريت (Sulfur dioxide) إلى الماء بجرعات حوالى ١.٥ جزء فى المليون لكل جزء فى المليون من الكلور المراد ازالته وفى هذه الحالة يتفاعل ثانى أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة :

ثانى أكسيد كبريت + ماء + كلور --> حامض كبريتيك + حامض أيدروكلوريك .

كب أ٢ + ٢ ايد٢ أ + كل٢ --> كب أ٤ يد٢ + ٢ كل يد

$$2ClH + H_2SO_4 <-- Cl_2 + H_2O + SO_2$$

وكميات حامض الكبريتيك وحامض الكلوروديك الناتجة من التفاعل ضئيلة جداً ولا أهمية لها - كما يجب أن تمر فترة خمسة عشر دقيقة بعد اضافة ثانى أكسيد الكبريت قبل استعمال المياه .

٢ - اضافة ثيوسلفات الصوديوم (Sodium thio-Sulfate) إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح فى المعادلة :

ثيوسلفات الصوديوم + كلور ---> تتراثيونات الصوديوم + كلوريد الصوديوم .

٢ ص٢ كب٢ أ٣ + كل٢ ---> ص٢ كب٤ أ٦ + ٢ ص كل

$$2\,NaCl + Na_2S_4O_6 \longleftarrow Cl_2 + 2\,Na_2S_2O_3$$

٣ - اضافة كبريتيت الصوديوم (Sodium Sulfite) إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح فى المعادلة :

كبريتيت الصوديوم + كلور + ماء --->

كبريتات الصوديوم + حامض كلور أيدروكلوريك

ص٢ كب أ٣ + كل٢ + يد٢ أ ---> ص٢ كب أ٤ + ٢ يد كل

$$2\,HCl + Na_2SO_4 \longleftarrow H_2O + Cl_2 + Na_2SO_3$$

٤ - تخزين الماء فى أحواض مكشوفة لمدة ثلاثة أو أربع ساعات قبل الاستعمال وفى هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد فى الجو .

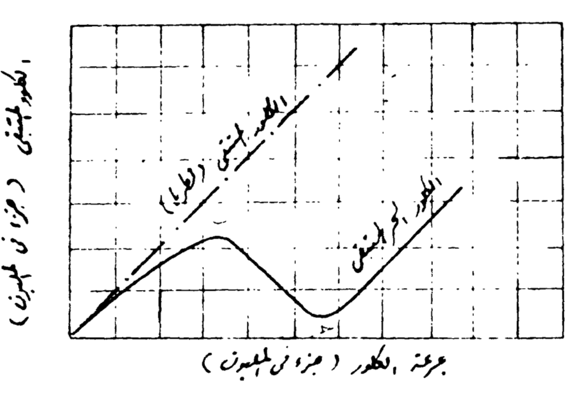
٥ - ترشيح الماء فى طبقة من الكربون المنشط الذى يمتص الكلور الزائد

٦ - مزج المياه المضاف اليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضف إليها الكلور فتتعادلان .

هـ - إضافة الكلور مع تجاوز نقطة التكسير (Breakpoint Chlorination) :

عندما توجد المواد العضوية فى الماء على هيئة مركبات الأمونيا (النوشادر)

فان الكلور المتبقى يتواجد على هيئة كلور حر أو كلور متحد مع الأمونيا مكوناً كلورامين – فاذا رسمنا المنحنى البيانى الموضح للعلاقة بين جرعة الكلور والكلور المتبقى (شكل ١٠ - ٢) نجد أن الكلور المتبقى يأخذ فى الإزدياد مع زيادة جرعة الكلور ابتداء النقطة أ حتى النقطة ب على المنحنى . ثم يأخذ فى الهبوط حتى النقطة ج ثم أخذ ثانياً فى الارتفاع .



(شكل ١٠ - ٢)

وتفسر هذه الظاهرة بأنه فيما بين النقطة أ ، النقطة ب يوجد الكلور المتبقى على شكل كلور حر وكلور متحد فى نفس الوقت فاذا زادت جرعة الكلور عن النقطة ب تكسرت مركبات الكلورامين . ومن ثم لا تظهر عند تقدير كميـة الكلور المتبقى – ويستمر ذلك حتى النقطة ج التى يتم عندها تكسير جميع الكلورامين ولم يبق ظاهراً فى الماء الا الكلور المتبقى الحر ولذلك تسمى نقطة التكسير (Break point) .

ثم يأخذ بعدها الكلور المتبقى فى الازدياد — وابتداء من هذه النقطة يكون كل الكلور المتبقى كلور حرا وليس متحداً . وطريقة اضافة الكلور إلى الماء بجرعات تكفى الوصول إلى ما بعد النقطة جـ على المنحنى يسمى (Break point Chlorination) — أى اضافة الكلور حتى ما بعد النقطة التى تتكسر فيها جميع الكلورامينات — كما أنها تسمى أحياناً (free residual chlorination) إذ أن كل الكلور المتبقى فيها يكون كلورا حرا وليس متحداً .

وتتميز هذه الطريقة بأنها تعطى نتائج عالية فى كل من القضاء على البكتيريا والحد من الطعم والرائحة فى المياه — إلا أن تطبيقها ليس سهلا أو متشابها فى جميع الحالات نظراً لاختلاف تركيز المواد العضوية فى المياه من المصادر المختلفة بل لتغير تركيز المواد العضوية فى مياه المصدر الواحد من يوم إلى آخر على مدار السنة . لهذا يجب عمل تجارب لتقدير جرعة الكلور فى كل حالة على حدة بل من وقت لآخر لمياه تؤخذ من مصدر واحد .

و — استخدام الكلورامين لتطهير المياه (Chlorine Amonia Treatment) : وهو ما يسمى أحياناً (Chloramination) .

وفى هذه الحالة يضاف النوشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل اضافة الكلور وتكون جرعة النوشادر حوالى ٠.٠٦ جزء فى المليون بينما تكون جرعة الكلور حوالى ٠.٢٥ جزء فى المليون وفى هذه الحالة يضاف النوشادر بأجهزة خاصة تسمى (Amoniators) وهى تشبه إلى حد كبير أجهزة اضافة غاز الكلور على أن تضاف الأمونيا فى الماسورة الرئيسية للمياه قبل دخولها إلى خزان المياه النقية ويعقبها بمسافة حوالى عشرة مترات اضافة الكلور .

وتتميز هذه الطريقة بالآتى :

١ — الحد من تولد الطعم والرائحة فى الماء .

٢ - كفاءة عالية فى التطهير عند تواجد كميات كبيرة نسبياً من المواد العضوية .

٣ - يستمر تأثير الكلور مدة طويلة .

ولهذا السبب ينصح دائماً باستعمال هذه الطريقة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد إلى مسافات بعيدة ويخشى من تواجد البكتيريا فى الأطراف البعيدة منها إذا استعمل الكلور فقط لأغراض التطهير .

٤ - توفير فى جرعة الكلور (حوالى ثلث الجرعة) ونظراً لارتفاع ثمن الكلور بالنسبة للنوشادر فان ثمن الخليط يكون أقل من ثمن الكلور فى حالة استعماله وحده .

٥ - عدم تهيج الجلد والعين من الكلورامين بينما يتهيج الجلد والعين باستعمال جرعات عالية نسبياً من الكلور - وأثر هذا يبدو واضحاً فى حمامات السباحة .

٦ - لا يوجد خطورة من اضافة جرعات عالية على سبيل الخطأ من العامل فى محطة التنقية .

الباب الحادى عشر

ازالة الأملاح الذائبة فى الماء

Demineralization of Water

وهذه تشمل إزالة الأملاح المسببة لعسر الماء ، ازالة مركبات الحديد والمنجنيز ، وازالة الأملاح المسببة للطعم .

ا ـ ازالة عسر الماء

(Water Softening)

يسمى الماء عسراً (Hard water) إذا احتوى نسبة عالية من أملاح الكالسيوم أو المغنسيوم أو الحديد أو الألمنيوم - إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر الماء هى :

١ – كربونات الكالسيوم وتذوب فى الماء حتى ١٥ جزء فى المليون .

٢ - بيكربونات الكالسيوم وتذوب فى الماء حتى ٣٨٥ جزء فى المليون .

٣ – كربونات المغنسيوم وتذوب فى الماء حتى ٧٢٠ جزء فى المليون .

٤ – بيكربونات المغنسيوم وتذوب فى الماء حتى ١٩٥٠ جزء فى المليون .

٥ – كبريتات الكالسيوم وتذوب فى الماء حتى ٢٠٠٠ جزء فى المليون .

٦ – كبريتات المغنسيوم وتذوب فى الماء حتى ٣٤٥٠٠٠ جزء فى المليون .

أما أملاح الحديد والألمنيوم فنادراً ما تتواجد فى الماء للدرجة التى تسبب عسراً ملحوظاً . وتختلف درجات عسر الماء تبعاً لكمية الأملاح المسببة للعسر .

ويمكن تقسيم الماء بالنسبة لعسره للدرجات الآتية :

١ – ماء يسر : وهو الذى يحتوى على الأملاح المذكورة أعلاه بحد أقصى أقل عن خمسين جزء فى المليون .

٢ – ماء متوسط العسر : وهو الذى يتراوح فيه تركيز الأملاح بين خمسين ومائة وخمسين جزء فى المليون .

٣ – ماء عسر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر بتركيز يتراوح من مائة وخمسين إلى ثلاثمائة جزء فى المليون .

٤ – ماء شديد العسر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر بتركيز أكبر من ثلاثمائة جزء فى المليون .

كما ينقسم العسر فى الماء الى نوعين :

١ – عسر ناتج عن أملاح الكربونات والبيكربونات Carbonate Hardness

وكان يسمى خطأ بالعسر المؤقت نظراً لامكان إزالته بالتسخين الذى يحدث تصاعد ثانى أكسيد الكربون من البيكربونات الذائبة فى الماء مخلفاً وراءه الكربونات التى لا تذوب فى الماء .

بيكربونات كالسيوم (بالتسخين) ←

كربونات كالسيوم + ماء + ثانى أكسيد الكربون

كا (ك أ٣ يد)٢ ← كا ك أ٣ + يد٢ أ + ك أ٢

$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$

٢ – عسر نتيجة أملاح الكبريتات (Non - Carbonate Hardness)

وهو ما كان يسمى خطأ بالعسر المستديم نظراً لعدم إمكان ازالته بالتسخين

عيوب عسر الماء

١ – كلما زاد عسر الماء زاد استهلاك الصابون وذلك لأن الماء العسر لا يحدث رغوة سريعة مع الصابون بسبب تفاعل الأملاح المسببة للعسر مع المركبات الدهنية الموجودة فى الصابون .

ويقدر أن كل ارتفاع فى عسر الماء قدره جزء فى المليون يسبب زيادة فى استهلاك الصابون حوالى ٠٫٠٠١ كيلوجرام لكل متر مكعب منه استعمل فى الغسيل .

٢ - غسيل الملابس بالماء العسر يسبب نقصاً فى متانة الأقمشة مما ينقص من مدة بقائها صالحة للاستعمال حوالى ٢٥ ٪ من عمرها الأصلى .

٣ - يفقد الماء قدرته على التنظيف إذ تسد أملاح الكالسيوم كل من مسام الأقمشة والجلد .

٤ - يتعارض عسر الماء مع عملية الصباغة للأقمشة فتبدو الألوان غير متجانسة متفاوتة التركيز .

٥ - يتعارض عسر الماء مع عمليات طهى وتعليب الأطعمة . إذ يكسب الطعام لوناً وطعماً غير مستساغ ويزيد الزمن اللازم لطهيه .

٦ - يسبب عسر الماء متاعباً فى الكثير من الصناعات مثل صناعة الورق والحرير الصناعى وتجهيز المنسوجات .

٧ - عند استعمال الماء العسر فى الغلايات يترسب على جوانب الغلاية الأملاح مكونة قشرة عازلة بين مصدر الحرارة والماء فى الغلاية مما يسبب نقص فى كفاءة الغلاية وزيادة فى الوقود المستهلك .

٨ - إذا حدث تشقق فى قشرة الأملاح هذه فان الماء يصل إلى جدران الغلاية خلال هذه الشقوق فجأة مما يسبب تبخر مفاجىء للماء - الأمر الذى قد ينتج عنه انفجار للغلاية .

٩ - يؤدى استعمال الماء العسر للشرب إلى الاصابة بالاضطرابات المعوية كالاسهال وغيره - كما قد يؤدى إلى التهابات فى الجلد أو يضر شعر الرأس .

طرق ازالة عسر الماء

لكل العيوب السابق ذكرها يجب إزالة عسر الماء قبل استعماله . إلا أن درجة الإزالة تختلف باختلاف الأغراض المستعملة فيها المياه فبينما يمكن التجاوز على عسر الماء حتى درجة خمسين فى المليون فى الاستعمالات المنزلية . فأنه يجب ازالة العسر تماماً للماء المستعمل للأغراض الصناعية .

وهناك طرق عديدة لإزالة عسر الماء إلا أن أهمها :

استعمال كربونات الصوديوم والجير .

استعمال الزيوليت .

استعمال الزيوليت والجير .

١ - استعمال كربونات الصوديوم مع الجير

(Lime & Soda ash Process)

وفى هذه الطريقة يضاف كل من الجير وكربونات الصوديوم إلى الماء فتتفاعل مع الأملاح الذائبة فى الماء والمسببة لعسر كما تظهر فى المعادلات الكيماوية الآتية والتى ينتج عنها تكوين أملاح كربونات الكالسيوم الغير قابلة للذوبان :

١ - بيكربونات الكلسيوم + جير ---> كربونات كالسيوم + ماء

كا (يد ك أ٣)٢ + كا (أ يد)٢ ---> ٢ كا ك أ٣ + ٢ يد٢ أ

$$2H_2O + 2CaCO_3 \longleftarrow Ca(OH) + Ca(HCO_3)_2$$

٢ - بيكربونات المغنسيوم + جير --->

ايدروكسيد مغنسيوم + كربونات كالسيوم + ماء

ما (يد ك أ٣)٢ + كا (أ يد)٢ --->

ما (أ يد)٢ + ٢ كا ك أ٣ + ٢ أ يد

$$\longleftarrow 2Ca(OH)_2 + Mg(HCO_3)_2$$

$$2H_2O + 2CaCO_3 + Mg(OH)_2$$

٣ - كبريتات كلسيوم + كربونات صوديوم --->

كربونات كالسيوم + كبريتات صوديوم

كا كب أ٤ + ص٢ ك أ٣ ---> كا ك أ٣ + ص٢ كب أ٤

$$Na_2SO_4 + CaCO_3 \longleftarrow Na_2CO_3 + CaSO_4$$

٤ - كبريتات المغنسيوم + جير + كربونات صوديوم --->

إيدروكسيد مغنسيوم + كربونات كاسيوم + كبريتات صوديوم

ما كب ا٤ + كا (أ يد)٢ + ص٢ ك ا٣ --->

ما (أ يد)٢ - كا ك آ٣ - ص٢ كب آ٤

$\longleftarrow Na_2CO_3 + Ca\,(OH)_2 + Mg\,2O_4$

$Na_2\,SO_4 + Ca\,CO_3 + Mg\,(OH)_2$

وبدراسة المعادلات أعلاه نجد أن الجير يقوم بازالة العسر الناتج من بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنسيوم - وتقوم كربونات الصوديوم بازالة العسر الناتج من كبريتات الكلسيوم بينما يلزم الأمر استعمال كل من كربونات الصوديوم والجير لازالة العسر الناتج من كبريتات المغنسيوم .

ويضاف كل من الجير وكربونات الكلسيوم بعد تقدير الجرعة اللازمة لكل منهم بواسطة أجهزة خاصة تشبه أجهزة اضافة الشب .

وتتوقف هذه الجرعة وكذلك كفاءة التفاعل على العوامل الآتية :

١ - درجة عسر الماء وبديهى أنه كلما زاد عسر الماء زادت الجرعة اللازمة .

٢ - درجة الحرارة - تساعد درجة الحرارة على سرعة وكمال التفاعل الكيماوى .

٣ - جودة التقليب - إذ يجب أن يتم تقليب المواد الكيماوية (الجير وكربونات الصوديوم) فى الماء لضمان انتشارها بانتظام فى جسم الماء .

٤ - اضافة الشب إلى الماء بعد أن يتم التفاعل الكيماوى المزيل للعسر يساعد على ترسيب كربونات الكالسيوم الناتجة من هذا التفاعل والذى يصعب ترسيبها إذا كانت دقيقة الحبيبات (غروية) .

طرق اضافة ومزج الجير وكربونات الصوديوم بالماء :

يتم التحكم فى كمية الجير او كربونات الصوديوم المضافة إلى الماء بواسطة أجهزة خاصة لتغذية الماء بالكيماويات (chemical feeders) وهذه الأجهزة كما سبق ذكره فى شرح طرق اضافة المروبات إلى الماء . تنقسم إلى قسمين :

١ - Solution feeders وفيها تتم اضافة الجير أو كربونات الصوديوم على هيئة محلول معلوم التركيز . وبواسطة هذه الأجهزة يمكن التحكم فى كمية المحلول المضاف إلى الماء ومن ثم كمية الجير أوكربونات الصوديوم .

٢ - Dry feeders وفيها تتم اضافة الجير أو كربونات الصوديوم على هيئة مسحوق يضاف إلى الماء بنسب معينة .

على أنه فى كلتا الحالتين يجب أن يتم المزج ما بين الكيماويات المضافة والماء بسرعة لضمان انتشارها بانتظام فى جسم الماء - وهذا ما يسمى بالمزج السريع (Flash mix) يعقبه تقليب فى أحواض خاصة(Gentle mixing tanks) لمدة حوالى ثلاثين دقيقة فى احواض مشابهة لأحواض الترويب المستعملة فى الترسيب الكيماوى للمياه . وبعد أن تتم عملية المزج هذه ينتقل الماء إلى أحواض الترسيب حيث يترك لمدة قد تصل إلى ستة ساعات ليرسب فيها الأملاح الغير قابلة للذوبان والتى نتجت من التفاعل الكيماوى .

ونظراً لاحتمال وجود كمية من كربونات الكالسيوم الغروية الدقيقة التى لم يتم ترسيبها طبيعياً بفعل وزنها فأنه يحسن بعد ذلك اضافة الشب (alum) إلى الماء لترويب ما لم ترسب من كربونات الكلسيوم على أن يعقب ذلك الترسيب فى احواض منفصلة (راجع أحواض الترويب والترويق) ثم المرشحات الرملية السريعة لحجز ما بقى فى الماء من شوائب - وبذلك يصبح

خط سير الماء (Flow diagraxw) فى محطة تنقية وازالة عسر الماء كما هو موضح فى (شكل رقم ١١ — ١) .

مزايا استعمال كربونات الصوديوم والجير :

١ — إقتصادية خاصة إذا كان عسر الماء ناتجاً من أملاح الكربونات .

٢ — الماء المزال عسره بهذه الطريقة يميل إلى ترسيب طبقة من الرواسب على جدران المواسير ينتج عنها وقاية للمواسير من التآكل .

٣ — تتم ازالة أملاح الحديد والمنجنيز فى نفس الوقت مع ازالة العسر كما تتحسن الصفات البكتريولوجية للماء .

٤ — الماء الناتج بعد العملية مستساغ الطعم .

اما عيوب هذه الطريقة :

١ — الماء الناتج لا يزال به بعض العسر إذ أن كربونات الكالسيوم الناتج من التفاعل الكيماوى يسبب بعض العسر إذ يذوب فى الماء حتى خمسة عشر جزء فى المليون .

٢ — تحتاج إلى عناية واشراف دقيق .

٣ — تحتاج إلى مساحة كبيرة للأحواض والمرشحات .

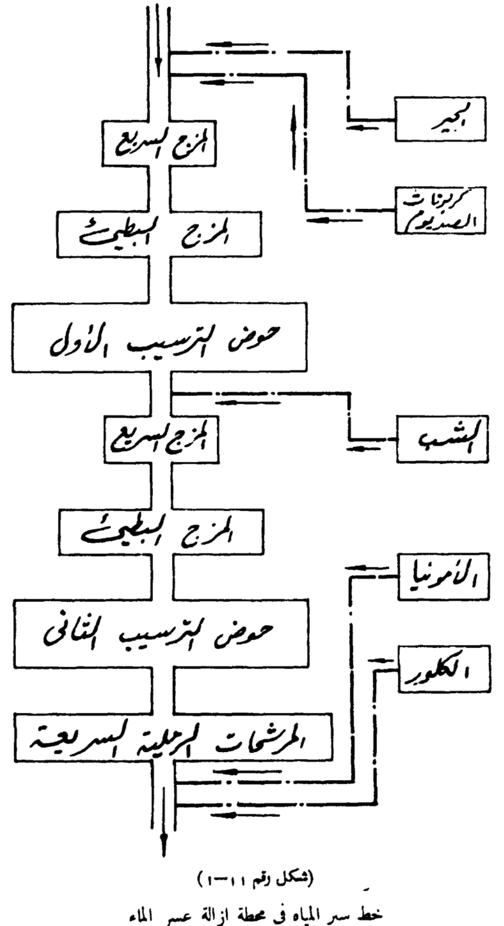
٤ — كمية الرواسب الناتجة كبيرة نسبياً مما ينتج عنه صعوبات فى التخلص منها .

٥ — صعوبة التطبيق إذا كان عسر الماء منخفضاً أصلا .

٦ — العملية غير مجزية اقتصادياً فى المحطات الصغيرة .

ب — استعمال الزيوليت فى ازالة عسر الماء : Zeolite Softening process

الزيوليت هو مركب ركبه أصلا رودلف جامس (Roudolf Gams) من الكاولين والرمل والصودا والتركيب الكيماوى للزيوليت هو (Na Al Si O4) ى ماكات صوديوم والمنيوم .



(شكل رقم ١١—١)

خط سير المياه فى محطة ازالة عسر الماء

نظرية التشغيل :

تتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر فى مسامها يحدث تفاعل تبادلى بين الكلسيوم والمغنسيوم من ناحية والصوديوم الموجود فى الزيوليت من ناحية أخرى فيتكون زيوليت الكلسيوم والمغنسيوم الذى لا يذوب فى الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التى لا تسبب عسرا للماء وتخرج معه .

ويستمر هذا التفاعل ما بين أملاح الكالسيوم والمغنسيوم من ناحية وزيوليت الصوديوم من ناحية أخرى إلى أن يتحول كل زيوليت الصوديوم إلى زيوليت الكلسيوم أو المغنسيوم .

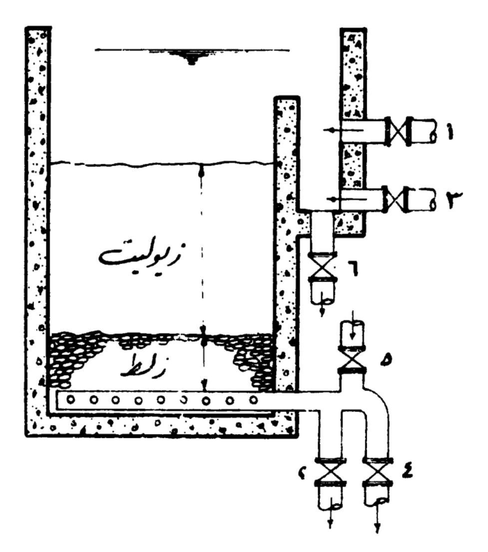
زيوليت الصوديوم + كبريتات الكلسيوم ←
كبريتات الصوديوم + زيوليت الكالسيوم

ولقد وجد أنه يمكن اعادة زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم إلى زيوليت الصوديوم ثانية وذلك بتمرير محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى مسام حبيبات زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم فيحدث تفاعل تبادلى ينتج عنه زيوليت الصوديوم الذى يبقى على شكل حبيبات بينما يذوب كلوريد الكلسيوم والمغنسيوم فى الماء وتخرج معه وتسمى هذه العملية بعملية التنشيط أو إعادة الحيوية عادة الرشح . (Regeneration) .

زيوليت الكلسيوم + كلوريد الصوديوم ←
كلورور الكالسيوم + زيوليت الصوديوم

طرق التشغيل :

يتم ازالة العسر بواسطة الزيوليت بتمرير الماء العسر فى مرشح يشابه إلى حد كبير المرشح الرملى السريع وهو يعمل أيضاً إما بالانحدار الطبيعى (Gravity) (شكل ١١ - ٢) أو تحت ضغط (Pressure) (شكل ١١ - ٣) والمرشحات التى تعمل بالانحدار الطبيعى عبارة عن صندوق من مادة

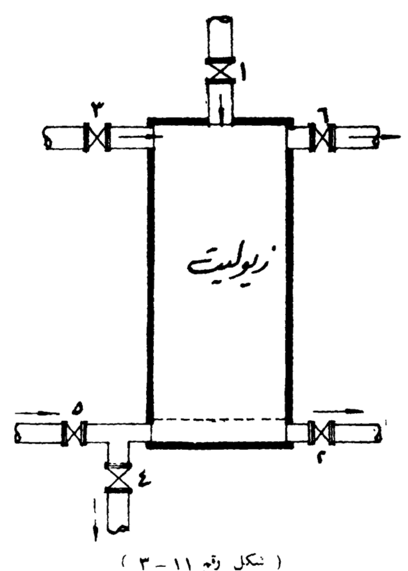


(شكل رقم ١١ - ٢)

مرشح زيوليت

صماء من الخرسانة أو الصلب وفى قاع الصندوق توجد شبكة من المواسير المثقبة الغرض منها صرف المياه من المرشح - تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ سم ثم طبقة من زيوليت الصوديوم بارتفاع ٢ متر .

والنوع الثانى الذى يعمل بالضغط يتكون من اسطوانة رأسية مقفلة أما رأسية أو أفقية والاسطوانة فى قاعها شبكة صرف المرشح يعلوها الزلط ثم طبقة زيوليت الصوديوم .



(شكل رقم ١١ - ٣)

مرشح زيوليت بالضغط

والمرشح كما هو مبين فى شكل رقم(١١-٢،١١-٣) مزود بالصمامات الآتية

١ - مدخل المياه العسرة .

٢ - مخرج المياه بعد ازالة العسر .

٣ - مدخل محلول كلورور الصوديوم .

٤ - مخرج محلول كلورور المغنسيوم والكالسيوم :

٥ - مدخل مياه الغسيل .

٦ - مخرج مياه الغسيل .

خطوات التشغيل :

آ — ازالة العسر (Softening) :

تدخل المياه العسرة من الصمام « ١ » فتمر فى خلال زيوليت الصوديوم فيتم التفاعل التبادلى السابق ذكره وتخترق طبقة الزلط ثم شبكة مواسير صرف المرشح إلى خارج المرشح من الصمام « ٢ » .

ب — عملية التنشيط (Regeneration) :

بعد أن تتحول جميع حبيبات زيوليت الصوديوم إلى حبيبات من زيوليت الكالسيوم يوقف تشغيل المرشح بقفل الصمام (١) ، (٢) ثم يفتح الصمام (٣) ، (٤) ليدخل محلول كلورور الصوديوم ويتم التفاعل التبادلى السابق ذكره وتتحول الحبيبات إلى زيوليت الصوديوم مرة أخرى .

جـ — عملية الغسيل (Washing) :

وهذه دورها يأتى بعد أن تتم عملية التنشيط . والغرض منها هو إزالة آثار كلورور الصوديوم من جدران المرشح وشبكة الصرف وحبيبات الزلط وزيوليت الصوديوم والا حوت المياه التى تمر فى المرشح على بعض الأملاح مما يجعل طعمها غير مستساغ .

وتتم هذه العملية بفتح الصمام (٥) فتندفع المياه إلى أعلى مسببة اضطراب فى حبيبات الزيوليت مما يساعد على ازالة آثار كلورور الصوديوم منها وكذلك يساعد على ازالة ما قد يكون فى مسامها من شوائب وتخرج المياه من الصمام رقم (٦) .

مزايا طريقة الزيوليت :

١ - تشغل حيزاً أقل من طريقة الجير وكربونات الصوديوم .

٢ - تزيل كل العسر مما يناسب بعض الأغراض الصناعية .

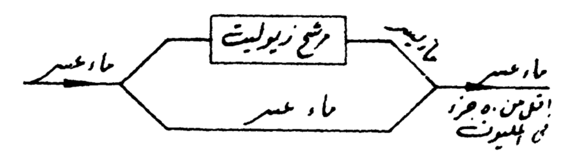
٣ - لا ينشأ من اتباعها رواسب يجب التخلص منها .

٤ - سريعة الإنتاج - لا تحتاج لوقت للتقليب ثم الترسيب .

٥ - تناسب العمليات الصغيرة .

الا ان لها العيوب الآتية :

١ - تزيل كل العسر مما يجعل الطعم غير مستساغ للشرب ولذلك يفضل دائماً أن يمزج الماء الناتج منها ببعض الماء العسر لاكتسابها طعماً مقبولا (شكل رقم (١١ - ٤) .



(شكل رقم ١١ - ٤)

خط سير المياه في عمليات الزيوليت

٢ - المياه العسرة التي تحتوى على عكارة أو أملاح الحديد تضر بالزيوليت ولذا لا يفضل استعمالها مع مثل هذه المياه .

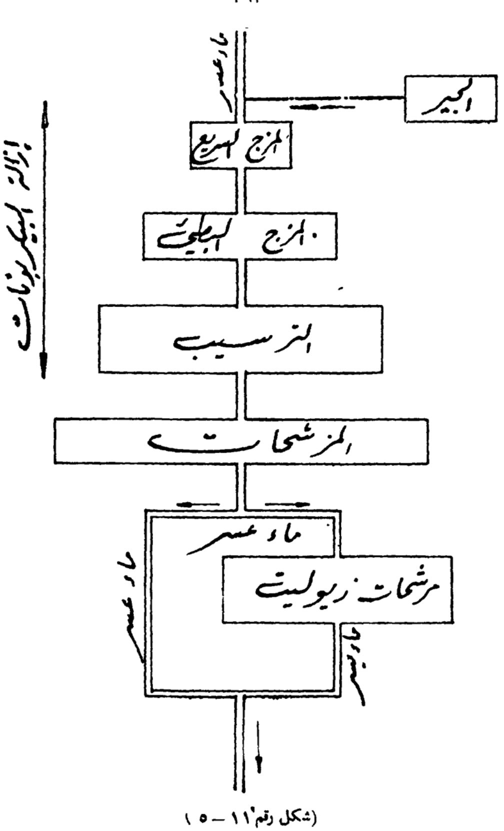
٣ - المياه بعد ازالة عسرها قد تسبب تآكلا في المواسير الحديدية .

ج - استعمال الزيوليت والجير

(Lime Zeolite Process)

والغرض من استعمال الجير مع الزيوليت هو الإقتصاد فى تكاليف الزيوليت باستعمال الجير لإزالة العسر الناتج عن أملاح الكربونات والبيكربونات ثم استعمال الزيوليت لازالة العسر الناتج من أملاح الكبريتات - أى أن الزيوليت يحل محل كربونات الصوديوم - وبديهى أن هذه الطريقة تتبع عند تعذر الحصول على كربونات الصوديوم أو كان سعرها أعلى من سعر كلورور الصوديوم الذى يستعمل فى إعادة تنشيط الزيوليت. وبذلك يصبح خط سير الماء فى محطة إزالة عسر الماء بهذه الطريقة كما هو موضح بالشكل ١١ - ٥ .

كما تتميز هذه الطريقة بأن الماء الناتج منها قد أزيل عسره تماماً مما يجعله صالحاً للصناعة - إلا أنه إذا أريد استعماله للشرب وجب إضافة بعض الماء العسر إليه لجعله مستساغ الطعم كما سبق ذكره (شكل ١١ - ٤) .



(شكل رقم ١١ – ٥)

خط سير المياه فى عمليات الجير والزيوليت

ب - ازالة مركبات الحديد والمنجنيز

Iron & Manganes Renaval

يتسبب وجود أملاح الحديد والمنجنيز فى الماء بكميات تزيد عن ٠.٣ جزء فى المليون لكل منهما إذا كانا على انفراد أو عن ٠.٥ جزء فى المليون لهما معا إذا تواجدا فى نفس الماء . فى كثير من المتاعب التى أهمها :

١ - تواجد طعم فى المياه .

٢ - تلوين الملابس والأدوات المنزلية والمعدات الصحية فى الحمامات

٣ - تكوين قشور من صدأ الحديد داخل المواسير الحديدية مما يزيد من مقاومتها لسير المياه فيها ويقلل من مساحة مقطعها .

٤ - يتوالد فى المياه المحتوية على تركيز عالى لمركبات الحديد الكثير من بكتريا الحديد(Iron & bacteria - Crenothrix) مما يزيد من سرعة تكوين القشور المذكورة أعلاه وكذلك يقلل من قطاع المواسير - كما يساعد وجود مركبات المنجنيز على توالد أنواع خاصة من الكائنات الدقيقة فى الماء مما يسبب المزيد من المتاعب .

٥ - يتكسد المجنيز الذائب فى الماء مكونا رواسب فى المواسير مما يقلل من مساحة قطاعها وكفاءتها لنقل الماء .

طرق ازالة الحديد والمنجنيز

تتوقف طريقة إزالة أملاح الحديدوالمنجنيز علىطبيعة وجودها فى الماء - ولذلك يحسن عمل تجارب معملية على عينة من الماء لتقرير الطريقة المناسبة الفعالة - ومن الطرق المستعملة لهذا الغرض : اضافة الكلور .

مرشحات الزيوليت . اضافة الجير . الا أن أهم هذه الطرق هو تهوية الماء للترسيب والترشيح .

وتستعمل التهوية فى الماء لأكثر من غرض منها التخلص من الغازات الذائبة فى الماء مثل غاز كبريتور الهيدروجين . ثانى أكسيد الكربون . وكذلك فى ازالة الروائح من الماء . ويتم هذا بطريقة ميكانيكية دون تفاعل كيمائى لأية أملاح ذائبة فى الماء إذ تطرد المياه ما فيها من غازات ليحل محلها الأكسوجين وغيره من غازات الجو الذى لا تسبب طعماً للمياه .

أما استعمال التهوية لازالة أملاح الحديد والمنجنيز ليتضمن تفاعلا كيمائياً بين أملاح الحديد الذائبة على هيئة أملاح الحديدوز (Ferrous salts) والأكسوجين الجوى مما يحولها إلى أملاح الحديديك (Ferric salts) التى لا تذوب فى الماء مما يسهل ترسيبها أو ترشيحها .

والأكسوجين اللازم لازالة مركبات الحديد من الماء هو ٠.١٤ جزء فى المليون لكل جزء فى المليون من الحديد المطلوب ازالته — وتتوقف كفاءة عملية التهوية على مساحة المسطح المائى الذى يتعرض للهواء وكذلك مدة بقاء هذا السطح معرضاً للهواء .

وهناك اكثر من طريقة للتهوية

١ — استعمال النافورات (spray nozzles) التى يضغط خلالها الماء وفى هذه الطريقة كلما صغرت قطرات الماء زادت المساحة الكلية المعرضة للتهوية مما يزيد من كفاءتها . إلا أن مدة بقاء قطرات الماء معرضة للهواء لا لا تتجاوز ثوان معدودة مما يحد من فائدتها ، كما يعيب هذه الطريقة احتياجها لمساحات كثيرة تشغلها النافورات — وكذلك احتياجها لضغط عالى لدفع الماء فى النافورات .

٢ - استعمال الشلالات المتتالية المتكونة من عدد من السلالم تتكسر عليها الماء فى طبقات رقيقة تساعد على تخلل الهواء فيها مما يسبب التهوية اللازمة لها .

٣ - الهوايات ذات الصوانى المتعددة (Multiple - try aerater)

وهذه تتكون من عدد من الصوانى المثقبة تعلو بعضها البعض بحيث تكون المسافة بين كل منها حوالى نصف متر - وكل من هذه الصوانى تحتوى على طبقة من فحم الكوك (coke) أو الخبث المتخلف من صهر المعادن (slag) أو الحجارة أو الكرات الخزفية (ceramic balls) بارتفاع يتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ سنتيمتر فى كل صنية - على أن تتراوح أحجام هذه الكرات من ٥ - ١٠ سنتيمتر وفى هذه الطريقة ترش الماء على الصنية العليا على هيئة قطرات ماء تتساقط من صنية مثقبة كذلك فوق الصنيـــة العليـــا - والثقوب فى المصافى تتراوح أقطارها من ١ - ١.٥ سنتيمتر والمسافة بينها تتراوح من ٥ - ٨ سنتيمتر وترش الماء منها بمعدل يتراوح من ٢٥٠ - ٥٠٠ لتر فى الدقيقة لكل متر مربع من المساحة الكلية للصوانى .

٤ - التهوية بهواء المضغوط (Diffused air aerater)

وتتكون هذه من أحواض خرسانية بأعماق تتراوح من ٣ إلى ٥ أمتار تبقى فيها الماء من خمسة إلى ثلاثين دقيقة - وفى أسفل هذه الأحواض توضع شبكة من المواسير المثقبة أو المزودة بكرات أو أقراص مسامية تخرج منها الهواء (air diffusers) - ويضغط الهواء فى هذه المواسير ليخرج من الثقوب او الكرات المسامية على شكل فقاقيع - كلما صغر حجمها زادت فاعليتها فى التهوية - ويفضل ان توضع هذه المواسير بحيث تكون محصلة الحركة الافقية للماء فى الحوض والحركة الرأسية لفقاقيع الهواء

المتصاعدة من الثقوب . هى حركة حلزونية للخليط الماء والهواء مما يزيد من فاعلية وكفاءة عملية التهوية (Spiral flow) .

وتتميز هذه الطريقة بامكان التحكم فى فترة بقاء الماء فى الحوض ويطول هذه الفترة نسبياً كما أنها تساعد على ترويب المواد العالقة إذا أضيفت المروبات فى نفس الحوض مما يساعد على ترسيب أملاح الحديد فى أحواض تالية .

جـ - ازالة الاملاح المسببة للطعم

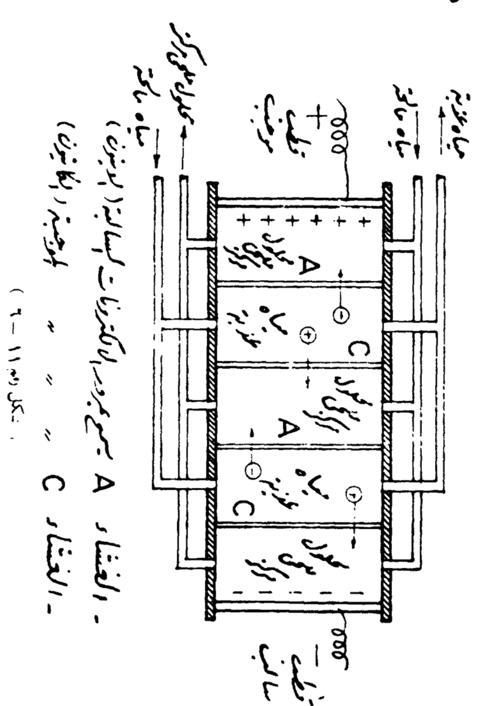
Desalination of Water

تتم ازالة الملوحة المسببة للطعم فى الماء مما يحد من استعمالها للأغراض المنزلية بأكثر من طريقة :

١ - طريقة Electrochemical or Electrodialysis

وفى هذه الطريقة تتعرض المياه لمجال كهربائى بوضع قطبين أحدهما موجب (anode) وآخر سالب (Cathode) فى حوض تمر فيه المياه . وبذلك تتحلل الأملاح الموجودة فى الماء إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة وتتحرك الأيونات الموجبة (anions) نحو القطب السالب والأيونات السالبة (cations) نحو القطب الموجب - على أن توضع فى مسار الأيونات المتحركة عدداً من الأغشية (membrane) من مواد كيمائية خاصة تحمل بعضها شحنات كيمائية موجبة والأخرى شحنات سالبة (بحيث لايتجاور غشائين بنفس الشحنة (وعندما تمر المياه فى الغرف المتكونة بين هذه الأغشية تتنافر الأيونات الموجبة الناتجة من تحلل الأملاح فى الماء . مع الغشاء ذو الشحنة الموجبة بينما تنجذب اليه وتمر خلاله الأيونات السالبة - وكذلك يتنافر الغشاء ذو الشحنة السالبة مع الأيونات السالبة بينما ينجذب اليه وتمر خلاله الأيونات الموجبة .

وبذلك يخف تركيز الأملاح فى غرفة بين غشائين متجاورين ويزيد تركيزها فى غرفة أخرى ملاصقة - وتخرج المياه من الغرف التى خف فيها تركيز الأملاح للاستعمال . بينما يستغنى عن الماء التى زاد فيها تركيز الأملاح (شكل ١١ - ٦) .



وتستعمل هذه الطريقة بنجاح إذا لم يتجاوز تركيز الأملاح في الماء عن خمسة عشر جزء في المليون — كما يجب أن تكون المياه المعالجة بهذه الطريقة رائقة خالية من العكارة.

٢ - طريقة Reverse Osmosis

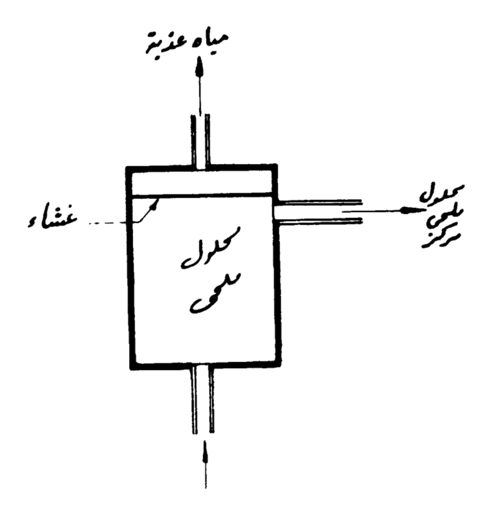
وتعتمد هذه الطريقة في عملها على نظرية الضغط الأوسموسي التي تتلخص في أن الأغشية من بعض المواد الكيميائية الخاصة تسمح بمرور الماء خلالها إذا كانت تفصل بينه وبين محلول ملحي تحت تأثير ما يسمى بالضغط الأوسموسي — وبالعكس إذا تعرض المحلول الملحي لضغط أكبر من الضغط الأسموزي فإن الماء سينفذ من المحلول الملحي إلى غرفة المياه العذبة وهو ما يسمى بالضغط الأوسموزي المنعكس (Reverses Osmosis) مما يمكننا من الحصول على مياه خالية من الأملاح بينما يزيد من تركيز الأملاح في المحلول (شكل ١١ — ٧)

ويتوقف الضغط اللازم للتشغيل تبعاً لهذه النظرية على نوع الغشاء المستعمل وعلى درجة تركيز الأملاح في الماء المراد اعذابه — ويقدر هذا الضغط بما يتراوح من ٤٠ كيلوجرام إلى ١٠٠ كيلوجرام على السنتيمتر المربع للمياه المالحة التي يبلغ تركيز الأملاح فيها من ٥٠٠٠ إلى ٣٥٠٠٠ جزء في المليون — كما أن معدل انتاج المياه العذبة يتراوح عندئذ من ١٠٠٠ لتر إلى ٥٠٠ لتر للمتر المسطح في اليوم.

وجب ملاحظة تحميل الغشاء. بحيث يقاوم هذا الضغط العالي إذ أنه عادة لا يقاوم الضغوط العالية. ويتم ذلك بوضع الغشاء بين قرصين مسامين من مادة صلبة تتحمل الضغط.

٣ — طريقة التبادل الأيونى Ion - exchange

تتوقف نظرية التشغيل بطريقة التبادل الأيونى على الخاصية التي تتميز بها بعض المواد الحبيبية بقدرتها على تبادل ما فيها من أيونات معينة



(شكل رقم ١١ - ٧)

مع أيونات أخرى موجودة فى المحلول الذى يتخللها (ion exchange material) فاذا ما أمررنا الماء الملحى فى مرشح يحتوى على طبقة من حبيبات هذه المواد حدث هذا التبادل الأيونى. وبذلك تتخلص المياه من الأيونات المسببة لطعم الملحى فيه - إلا أن لهذا التبادل نهاية عندما يتم استهلاك جميع الأيونات التى يمكن تبادلها مع الماء - وبذلك يبدأ خروج الماء من المرشح دون أن يفقد شيئاً من طعمه الملحى - هنا إذ يجب تجديد أو اعادة حيوية أو تنشيط (regeneration) مادة المرشح بطريقة ما - وتتوقف هذه الطريقة على طبيعة المادة المستعملة فى المرشح .

ويمكن تقسيم المواد المستعملة فى هذه الطريقة إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

أ - مواد تعاد حيويتها بامرار محلول الصوديوم خلالها وتسمى (Soduim exchanger or soduim zeolite) وقد سبق شرحها تفصيلا فى الحديث عن ازالة عسر الماء .

ب - مواد تعاد حيويتها بامرار محلول مخفف من حامض الكبريتيك أو الكلوروديك خلالها (acid exchanger) وتسمى هذه المواد (Organolite Zeo-Karl-Catex) كما تسمى أحيانا بالزيولتيت الكربونية Carbonaceous zealite نظراً لأنها تصنع من الفحم كما تسمى أحيانا (hydrogen zealite) نظراً لأن الأيون الذى تتبادله مع الماء الملحى هو أيدروجين .

هذه المواد عندما يمر فيها الماء المالح يحدث تبادل بين ما فى الماء من أيونات الأملاح وبين ما فيها من أيونات الهيدروجين (Hydrogen zexchange) وبذلك يتحول ما فى الماء من كبريتات أو كلوريدات أو بيكربونات المعادن إلى أحماض الكبريتيك أو الكلوروديك أو الكربونيك المخففة والذائبة فى الماء . وذلك تبعاً للمعادلة :

$$\left.\begin{matrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \\ Fe \end{matrix}\right| \begin{matrix} (HCO_3)_2 \\ Cl_2 \\ SO_4 \\ \end{matrix} + H_2Z \longrightarrow H_2\left\{\begin{matrix} CO_3 \\ SO_4 \\ Cl_2 \end{matrix}\right. + \left.\begin{matrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \\ Fe \end{matrix}\right| Z$$

المياه قبل المعالجة — مادة المرشح الاصلية — المياه المعالجة — مادة المرشح بعد الاستعمال

وعندما يتم استهلاك جميع أيونات الهيدروجين تعاد تنشيط مادة المرشح بامرار محلول مخفف لأحد الأحماض الكبريتيك أو الكلوروديك خلال المرشح فتعود إلى مادة المرشح حيويتها أى تركيبها الأصلى . كما فى المعادلة :

$$\left.\begin{matrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \\ Fe \end{matrix}\right\} \text{Zealite} + H_2SO_4 \longrightarrow H_2\,\text{zeolite} + \left.\begin{matrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \\ Fe \end{matrix}\right\} SO_4$$

مادة المرشح بعد الاستعمال — حامض كبرتيك — مادة المرشح المجددة

ومن ثم يمكن اعادة استعمالها دون أن نفقد منها شيئاً .

ويلاحظ أنه إذا زادت حموضة الماء المعالج بهذه الطريقة عن الحد المسموح به . فأنه يمكن معادلتها باضافة كمية من المياه المحتوية على بعض القلويات لتصير المياه فى مكوناتها مطابقة للمواصفات المطلوبة .

ج — مواد تعاد حيويتها بامرار محلول قلوى خلالها وهى تسمى (OH exchanger) — هذه المواد تستعمل لامتصاص ما قد يتواجد فى الماء من أحماض الكبريتيك أو الكلوردريك أو غيرها من أحماض تبعاً للمعادلة الآتية :

$$H_2 \left\{\begin{matrix} SO_4 \\ Cl_2 \\ NO_3 \\ SiO_3 \\ CO_3 \end{matrix}\right. + A\,(HO)_2 \longrightarrow H_2O + A \left\{\begin{matrix} SO_4 \\ Cl_2 \\ NO_3 \\ SiO_3 \\ CO_3 \end{matrix}\right.$$

(احماض) — مادة المرشح الاصلية — المياه المعالجة

على أن تعاد حيوية هذه المادة بامرار محلول قلوى مثل محلول ايدروكسيد الصوديوم فى المرشح فيتم تنشيط مادة المرشح باعادتها إلى تركيبها الكيماوى الأصلى أى تعود إليها أيونات الايدروكسيد كما فى المعادلة :

$$A \left| \begin{array}{l} SO_4 \\ Cl_2 \\ NO_3 \\ SiO_3 \\ CO_3 \end{array} \right. + Z\ Na\ OH \longrightarrow A\ (HO)_2 + Na_2 \left| \begin{array}{l} SO_4 \\ Cl_2 \\ NO_3 \\ SiO_3 \\ CO_3 \end{array} \right.$$

مادة المرشح بعد الاستعمال — ايدروكسيد الصديوم — مادة المرشح المجددة

والمياه التى ترشح خلال مرشحين أحدهما يحتوى على مادة تتبادل ما فيها من أيونات الهيدروجين مع أيونات المعادن الموجودة أصلا فى الماء والثانى يحتوى على مادة تتبادل ما فيها من أيونات الايدروكسيد مع أيونات الأحماض الموجودة أصلا فى الماء تتساوى فى صفاتها مع المياه المقطرة الا أنها باهظة التكاليف ولذلك يقصر استعمالها فى الأغراض الصناعية التى يلزم لها مياه خالية تماماً من جميع الأملاح والمعادن والأحماض .

الباب الثاني عشر

أعمال توزيع المياه

Water Distribution Works

وهذه تشمل كما سبق ذكره الوحدات الرئيسية الآتية :

- محطات طلمبات الضغط العالى High Lift Pumping Stations
- شبكات توزيع الميـاه Distribution pipe net works
- أحواض التخزين العاليـة Elevated storage tanks

محطات الضغط العالى

يختار موقع الطلمبات هذه أقرب ما يكون إلى خزان المياه المرشحة — على أن يتوافر فيها الشروط الآتية :

١ — أن يكون المبنى الخاص بها جميلا من الناحية الهندسية والمعمارية مما يزيد ثقة الجمهور فى عمليات المياه فى المدينة .

٢ — أن يلحق بها بيارة متصلة بخزان المياه النقية عن طريق سحارة لتوصيل المياه من الخزان إلى البيارة . على أن تمتد إلى هذه البيارة مواسير السحب المتصلة بالطلمبات .

٣ . أن يكون حجم المبنى بالاتساع الكافى ليستوعب عدد الطلمبات التى تخدم المدينة فى المستقبل بالرغم من عدم تركيبها حالياً . نظراً لعدم الحاجة اليها مؤقتـاً .

٤ — أن يكون تخطيط المواسير داخل المبنى وكذلك الكابلات الكهربائية مما يسهل صيانتها وتشغيلها .

ويفضل فى كثير من الأحوال أن يكون التخطيط العام لمحطة التنقية بما فيها من طلمبات بحيث تكون طلمبات الضغط العالى وطلمبات الضغط الواطى فى مبنى واحد مما يسهل الاشراف والتشغيل والصيانة مع الاقتصاد فى عدد العمال والمشرفين والفنيين .

وتقوم محطات طلمبات الضغط العالى برفع المياه من بئر المياه النقية وضغطها فى المواسير الموزعة فى المدينة — على ألا يقل الضغط فى أى نقطة فى شبكة المواسير عن ٢٥ متراً .

التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات :

يتوقف التصرف الذى تصمم عليه محطة طلمبات الرفع العالى على العوامل الآتية :

١ — عدد السكان الذى يخدمهم المشروع .

٢ — متوسط لاستهلاك السنوى (لتر / شخص / يوم) .

٣ — التغيرات الموسمية التى تحدث فى هذا المتوسط صيفاً وشتاءاً .

٤ — التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم للاستهلاك فى المدينة .

٥ — سعة خزانات المياه العالية .

٦ — ساعات تشغيل محطة الطلمبات نظرا لأن هناك بعض الأحوال التى يفضل فيها تشغيل المحطة ساعات معدودة من اليوم بدلا من تشغيلها ٢٤ ساعة يومياً .

ومن الناحية النظرية يمكن الاستغناء كلية عن الخزانات العالية إذا أمكن زيادة أو نقص التصرف الخارج من المحطة كما تغير معدل استهلاك المياه فى المدينة — وفى هذه الحالة يجب أن يكون التصرف التصميمى للمحطة يساوى أقصى تصرف للمدينة (Peak demand load) مما يجعل عدداً كبيراً من وحدات المحطة عاطلا معظم أيام العام — وهذا لا يتفق مع الجانب الاقتصادى للمشروع .

ويفضل غالباً أن يكون التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات هذه مساوياً للتصرف اليومى أثناء فترة الصيف على أن يؤخذ فى الاعتبار اضافة وحدات

روافع احتياطية (Standby Units) - لتعمل وقت تعطيل بعض الوحدات على أن يتراوح تصرف هذه الوحدات الاحتياطية ما بين ثلث ونصف تصرف الوحدات الأساسية ضماناً لاستمرار تشغيل المحطة — على أن تعمل جميع الوحدات طول العام بالتناوب . وفى هذه الحالة تصمم الخزانات العالية لتقابل التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم — فعندما يكون استهلاك المدينة أقل من تصرف محطة الطلمبات يرتفع جزء من الماء فى الخزانات العالية — حتى إذا ما كان استهلاك المدينة أكبر من تصرف محطة الطلمبات وجدنا رصيداً من المياه فى الخزانات العالية يخرج منها بالانحدار الطبيعى إلى شبكة التوزيع ليعوض النقص فى تصرف محطة الطلمبات .

أنواع الطلمبات المستعملة :

تستعمل فى محطات الضغط العالى أما طلمبات ماصة كابسة Displace (-ment Pumps) أو طلمبات طاردة مركزية (Centrifugal pumps) وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع اجمالا .

الضغط التى تعمل ضده الطلمبات :

هذا الضغط يساوى الفرق بين منسوب المياه فى بيارة المياه النقية ومنسوب الطلمبة وهو ما يسمى (Suction Head) مضافاً إليه الضغط الواجب توافره فى شبكة المياه وهو ما اتفق على أن يكون كافياً لتوصيل المياه إلى الطابق الرابع فى المنازل — هذا الضغط عبارة عن :

١٤ متر — ارتفاع منزل ذو أربعة طوابق .

٥ متر — الفاقد فى عامود الضغط داخل المواسير المنزلية .

٦ متر — عامود الضغط اللازم على الصنابير فى المنزل .

٢٥ متر المجموع (ويفضل أن يصل إلى ثلاثين متراً) .

يضاف إلى ذلك أيضاً الفاقد فى الاحتكاك نتيجة سير المياه فى شبكة التوزيع من محطة الطلمبات إلى أقصى مكان فى المدينة — أى أن :

$$H = H_s + h_d + h_m + h_f$$

حيث H = الضغط الكلى الذى تعمل محطة الطلمبات (متر) .

h_s = الفرق بين منسوب المياه فى البيارة ومنسوب الطلمبات (متر)

h_d = عامود الضغط اللازم فى شبكة المواسير فى أبعد موقع فى المدينة ويساوى كما ذكر أعلاه ٢٥ متراً .

h_f = الفاقد فى الاحتكاك فى شبكة التوزيع (متر) .

h_m = الفواقد الثانوية فى شبكة التوزيع (متر) .

وبذلك تكون قوة الطلمبات مقدرة بالحصان الميكانيكى .

$$P = \frac{WH}{75}$$

حيث P = قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكى .

W = كمية الماء المرفوع فى الثانية بالكيلوجرام .

H = الضغط الكلى بالمتر .

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البيارة :

من المستحسن دائماً أن تكون الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة لتفادى حدوث ضغط أقل من الضغط الجوى فى ماسورة السحب إذ أن هذا الضغط الواطى قد يسبب تسرب الهواء داخل الماسورة أو تصاعد الغازات الذائبة فى المياه منه — مما يؤدى إلى تواجد فقاقيع من الهواء قد تتجمع فى الماسورة مسببة اضطرابا فى سير الطلمبات ونقصاً فى تصرفاتها .

على أن تزود كل طلمبة بالصمامات وأجهزة القياس للتصرف والضغط أو أن يراعى موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البيارة طبقاً لما سبق ذكره عند الحديث عن طلمبات الضغط الواطى .

الا أن هناك بعض الأحوال التى يتعذر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المياه فى البيارة وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى :

١ — ماسورة السحب يجب أن تكون مستقيمة ما أمكن .

٢ — ماسورة السحب يجب ألا تحتوى على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات .

٣ — ماسورة السحب يجب ألا تتجه إلى أسفل بل يجب ألا توضع أفقية بل توضع بحيث أن حركة الماء تكون إلى أعلا من البيارة إلى الطلمبة .

٤ — ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه فى البيارة من قيمة Hs كما هى فى المعادلة الآتية .

$$Hs = Ha - (Hv + Vh + Hf + Hm)$$

حيث H_s = الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب الطلمبات .

H_a = عامود الضغط الجوى بالمتر (١٠.٣٣ متر)

H_v = عامود ضغط بخار الماء بالمتر .

V_h = طاقة سرعة المياه (Velocity Head) فى ماسورة السحب . مقدرة بالمتر .

H_f = القاعدة فى الاحتكاك بالمتر (Friction Head).

H_m = الفواقد الثانوية بالمتر (Secondery Losses) .

ولهذا فأنه من الواجب ألا يزيد عامود الرفع (Hs) عن ثمانية مترات

بل يفضل ألا يزيد عن ستة مترات .

القوى المحركة للطلمبات :

هناك أكثر من قوة يمكن استخدامها لتحريك الطلمبات :

١ - البخار .

٢ - التوربينات البخارية .

٣ - ماكينات الديزل .

٤ - ماكينة البخار .

٥ - المحركات الكهربائية .

وأكثر هذه القوى استعمالا فى الوقت الحاضر هو المحركات الكهربائية إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر للكهرباء لادارة هذه المحركات حتى إذا ما انقطع التيار الكهربائى من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثانى لادارة المحركات .

بل انه زيادة فى الاحتياط فى بعض عمليات المياه الكبرى - تنشأ وحدة إدارة بالديزل كوحدة محركة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار - كل هذا حتى نتأكد من عدم توقف تشغيل محطة تنقية المياه مهما حدث من أعطال .

على أنه يمكن حساب قوة المحرك بالحصان الميكانكى (M.H.P.) بالمعادلة الآتية :

$$M.H.P. = \frac{Q \times E}{75 \times E_1 \times E_2}$$

حيث Q = التصرف باللتر فى الثانية .

H = عامود الرفع الكلى (احتكاك + رفع)

E1 = درجة جودة الطلمبة = ٦٠ ٪ — ٧٠٪

E2 = درجة جودة المحرك = ٨٠ ٪ — ٩٠ ٪

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات :

للتحكم فى تشغيل الطلمبات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية (شكل رقم ٦ — ٦) .

١ - صمام (Foot Valve) ويوضع فى مدخل ماسورة السحب أو الطلمبة عند توقف الطلمبة عن العمل وبذلك لا يحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية .

٢ - صمام حجز (Sluice Valve) عند مدخل الطلمبة والغرض منه التحكم فى سير المياه وقفل الماء عن الطلمبة إذ لزم الأمر اصلاحها .

٣ - صمام مرتد (Non-return Vavle) ويوضع على مخرج الطلمبة مباشرة والغرض منه منع سير المياه فى اتجاه عكسى عند توقف الطلمبة عن العمل فجأة نتيجة توقف التيار الكهربائى مثلا أو خلل فى المحرك .

٤ — صمام حجز ويوضع بعد الصمام المرتد والغرض التحكم فى سير وقفل الماء عن الطلمبة لاصلاحها إذا احتاج الأمر أو اصلاح الصمام المرتد ومن ذلك يتضح أنه إذا أريد اصلاح أى من الطلمبة او الصمام المرتد قفل محبسى الحجز المذكورين أعلاه — وبذلك لا تصل المياه إلى الطلمبة عن أى طريق .

أجهزة القياس فى محطة الطلمبات :

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لقراءة الضغط والتصرف المار فى كل طلمبة .

١ — جهاز قياس التصرف Flow meter

٢ — جهاز قياس ضغط السحب Suction head gauge

٣ — جهاز قياس ضغط الطرد Delivery head gauge

كما يجب أن يكون بالاضافة إلى ذلك جهاز لتسجيل ضغط الطرد والتصرف الكلى لمحطـة الطلمبات هذا الجهاز يسجل على ورق بيانى (يتبدل يومياً) جميع هذه البيانات للرجوع اليها عند الرغبة فى ذلك .

شبكات توزيع المياه

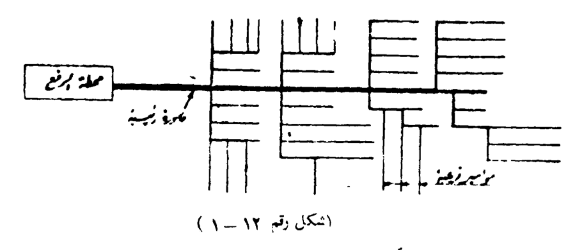
والغرض منها توزيع المياه فى أنحاء المدينة تحت ضغط كافى وذلك للأغراض المختلفة من استهلاك العادى المنزلى أو الاستعمالات الصناعى أو لمقاومة الحرائق .

تخطيط شبكة التوزيع :

وتخطط شبكة التوزيع بحيث تغطى المدينة بأكملها بأحد الطرق الآتية :

١ — التخطيط الشجرى (Tree System) :

والشكل العام لهذه الشبكة عبارة عن ماسورة رئيسية تخرج من محطة الطلمبات ويقل قطرها كلما بعدت عن المحطة — على أن تتفرع منها فروع تمتد فى الشوارع لتوزيع المياه (شكل رقم ١٢ — ١) وهى أرخص الطرق للتخطيط الا أنها أقل استعمالا وذلك لمضارها الكثيرة وأهمها :



(شكل رقم ١٢ — ١)

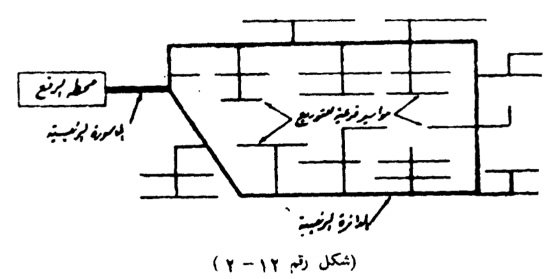
١ — حرمان المدينة بأكملها من الماء عند حدوث كسر فى أجزاء متقدمة من الشبكة .

٢ — وجود نهايات ميتة بكثرة فى الشبكة .

ولذلك فقد بطل استعمال هذا التخطيط فى شبكات التوزيع :

٢ — التخطيط الدائرى (Belt of Circle System) :

والشكل العام لهذه الشبكة عبارة عن دائرة أو حزام محيطة بالمدينة على أن تمتد المواسير الفرعية كاوتار داخل هذه الدائرة (شكل ١٢ — ٢). وتمتاز هذه الطريقة عن سابقتها بالآتى :



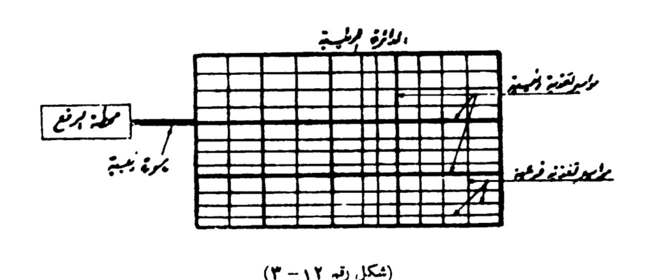
(شكل رقم ١٢ — ٢)

١ — قلة عدد النهايات الميتة .

٢ — عدم حرمان أى منطقة فى المدينة من الماء بسبب كسر بعيد عن المنطقة وذلك نظراً لتغذية كل ماسورة من طرفيها .

٣ — التخطيط الشبكى (Gridirion System) :

وفى هذا النوع من الشبكات تكون الدورة الرئيسية على هيئة حزام بالمدينة مع توصيل مواسير رئيسية أخرى تخترق الشوارع الرئيسية للمدينة على ألا تزيد المسافة ما بين ماسورتين رئيسيتين عن كيلو متر واحد — وبذلك يكون الشكل العام عبارة عن عدة أحزمة رئيسية حول المناطق المختلفة للمدينة (شكل ١٢ — ٣) .



(شكل رقم ١٢ — ٣)

على أن تمتد مواسير فرعية أخرى لتوزيع المياه لتملأ الفراغ بين المواسير الرئيسية وهذه الطريقة وأن كانت كبيرة التكاليف إلا أنها أحسن وأضمن الطرق لامداد المدينة بالمياه دون توقف أو انقطاع .

القوانين الهيدروليكية لحركة المياه فى المواسير :

يوجد أكثر من قانون لربط المتغيرات المختلفة التى تتحكم فى سير المياه فى المواسير وأهم هذه القوانين :

$$Q = AV = \frac{d^2 \pi}{4} V \quad (١)$$

$$H = \frac{4 f L V^2}{2 g d} = \frac{f' f l v^2}{2 g d} \quad \text{(Weisbach-Darcy)} \quad (٢)$$

$$V = \sqrt{\frac{2g}{f}} \sqrt{\frac{d}{4}} \sqrt{\frac{H}{L}} \quad (٣)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{(Manning)} \quad (٤)$$

$$V = C \sqrt{RS} \quad \text{(Chezy)} \quad (٥)$$

$$V = C R^{0.63} S^{0.54} (0.001)^{-.004} \quad \text{(Hazen Williams)} \quad (٦)$$

$$V = C H_1^{0.5} (12D)^{0.625} \quad \text{(Scoby)} \quad (٧)$$

$$V = C R^{5/7} S^{4/7} \quad \text{(Flamant)} \quad (٨)$$

$$V = K \sqrt{RS} \quad \text{(Kutter)} \quad (٩)$$

$$K = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (١٠)$$

حيث Q = التصرف لتر /ثانية أو قدم مكعب /ثانية

V = السرعة سنتيمتر /ثانية أو قدم/ ثانية

d = القطر بالسنتيمتر أو القدم

H = الفاقد فى عمود الضغط سنتيمتر أو قدم

L = طول الماسورة

g = الجاذبية الأرضية

R = نصف القطر الهيدروليكى .

S = ميل خط الضغط الهيدروليكى .

H_1 = الفاقد عامود الضغط لكل ١٠٠٠ متر من طول الماسورة

D = قطر الماسورة .

n = معامل الاحتكاك فى معادلتين Kuter-Manning

f = معامل الاحتكاك فى معادلة Darcy

f' = معامل الاحتكاك فى معادلة Darcy

C = معامل الاحتكاك فى المعالادت الأخرى .

K = معامل الاحتكاك فى معادلة Kutter

وبمقارنة هذه المعادلات نجد الآتى :

---

١ — معامل الاحتكاك (ن) فى كل من معادلة هيزن . تشيزى . سكوبى وفلامنت متساوية القيمة وفى الحقيقة أن المعامل (١,٠٠٠)$^{-٠,٠٤}$ ويساوى ١,٣١٨ والموجود فى معادلة هيزن قد أدخل على هذه المعادلة لتوحيد قيمة معامل الاحتكاك فيها مع معامل الاحتكاك فى معادلة تشيزى التى تعتبر من أقدم المعادلات .

٢ — المعامل $\sqrt{\frac{2g}{f}}$ فى معادلة دارسى يقابل المعامل (C)

فى معادلة تشيزى إذ أن للمواسير الدائرية القطاع $R = \frac{d}{4}$

كما أن $S = \frac{K}{L}$ وبذلك يكون $\sqrt{RS} = \sqrt{\frac{d}{4} \frac{H}{L}}$

وبهذا يكون المعامل $\sqrt{2g/f}$ يقابل المعامل (C) فى بقية المعادلات .

٣ — بمقارنة معادلة تشيزى مع معادلة مانتج نجد أن القيمة (C) فى المعادلة الأولى يقابلها $\frac{1}{n} R^{1/6}$ فى المعادلة الثانية .

٤ — معامل الاحتكاك (K) فى معادلة كاتر يقابله المعامل (C) فى معادلة تشيزى ويقابله ($\frac{1}{n} R^{1/6}$) فى معادلة مانتج

على أن جميع هذه المعاملات تتوقف على :

المادة التى تصنع منها الماسورة وقطر الماسورة وسرعة سير المياه فى الماسورة والجدول ١٢ — ١ يبين القيم المختلفة لهذه المعاملات .

جدول رقم ١٢ — ١

نوع الماسورة	C = معامل الاحتكاك
مواسير حديد زهر جديدة	١٢٠ — ١٣٦
مواسير حديد زهر مبطنة بالأسمنت يدوياً	١٢٥ — ١٣٥
مواسير حديد زهر مبطنة بالأسمنت ميكانيكياً	١٤٠ — ١٥٠
مواسير حديد زهر مبطنة بالبيتوماستك	١٣٥ — ١٤٥
مواسير حديد زهر مبطنة ميكانيكياً	١٤٥ — ١٥٠
مواسير خرسانة جيدة الصنع	١٤٥ — ١٥٥
مواسير خرسانة متوسطة الصنع	١٣٠ — ١٤٥

مواسير حديد زهر عادية مبطنة بالأسمنت	١١٠ — ١٢٥
مواسير حديد زهر قديمة	٥٠ — ١٠٠
مواسير اسبستوس	١٤٠ — ١٦٠
مواسير فخار مزجج	٩٠ — ١١٠
مواسير خشبية	١١٠ — ١٣٠

فاذا علمت طول الماسورة ونوعها والتصرف المار بها أمكن ايجاد كل من القطر والسرعة والفاقد فى عامود الضغط باستعمال المعادلات السابقة .

الا انه هناك منحنيات وخطوط بيانية تربط بين الفاقد فى المواسير لكل ألف متر . السرعة . القطر . التصرف — كما توضحها المعادلات السابقة — وباستعمال هذه يمكن تصميم القطاع اللازم للماسورة بدلا من التعويض فى المعادلات السابقة (شكل ١٢ — ٤)

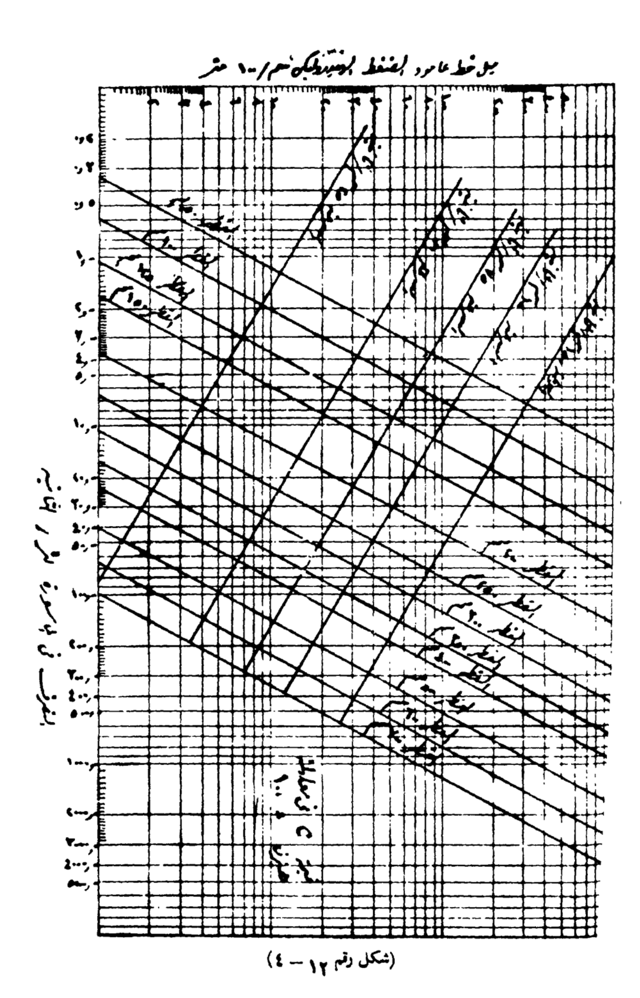
المواسير المتكافاة

Equivalent Pipes

يقال أن الماسورتين متكافاتين إذا كان يمر فى كل منهما نفس التصرف بنفس الفاقد فى عامود الضغط ويقال أن ماسورة متكافأة مع مجموعة من المواسير إذا كانت الماسورة تحمل نفس تصرف المجموعة بنفس الفاقد فى عامود الضغط .

وتفيد هذه الطريقة فى تبسيط حل مسائل الشبكات الخاصة بتوزيع المياه إذ يضع المصمم ماسورة واحدة متكافأة لمجموعة من المواسير ضمن شبكة التوزيع لغرض تسهيل حسابات تصميم أجزاء الشبكة المختلفة .

والقوانين الهيدروليكية التى تربط بين أجـــزاء الشبكة المستبدلة بالمواسير المكافأة لها هى :



(شكل رقم ١٢ — ٤)

آ - إذا كانت المواسير المستبدلة متصلة على التوالى (In Series) :

(١) $H = \frac{K Q^{1.85} L}{D^{4.87}}$ (Hazen & William)

(٢) $Le = \frac{De^{4.87} L}{D^{4.87}}$ (Hazen & William)

(٣) $H = \frac{K Q^{2} L}{D^{5}}$ (Chezy)

(٤) $Le = \frac{De^{5} L}{D^{5}}$ (Chezy)

حيث H = الفاقد فى عامود الضغط .

K = ثابت يتوقف على نوع الماسورة .

Q = التصرف فى كل من الماسورة أو مجموعة المواسير الأصلية .
والماسورة المكافأة لها .

L = طول الماسورة أو المواسير الأصلية .

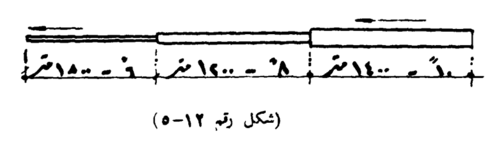
Le = طول الماسورة المكافأة .

D = قطر الماسورة الأصلية .

De = قطر الماسورة المكافأة .

والطريقة المتبعة فى مسائل المواسير المتكافأة هو افتراض قطر للماسورة المتكافأة مع الماسورة الأصلية ثم ايجاد طول الماسورة المتكافأة باستعمال القانونين السابقة :

مثال : المطلوب ايجاد الماسورة المتكافأة لمجموعة المواسير المتصلة على التوالى المبينة فى (شكل رقم ١٢ - ٥) .



(شكل رقم ١٢-٥)

الحل : باستعمال معادلة (Hazen) هيزن وبافتراض أن قطر الماسورة المكافأة يساوى عشرة بوصة نجد أن :

للماسورة ٦" :

$$\text{طول الماسورة المكافأة} = \frac{L\ de^{4.87}}{d^{4.87}}$$

$$= \frac{١٥٠٠ \times (١٠)^{٤,٨٧}}{(٦)^{٤,٨٧}} = ١٨٠٠٠ \text{ متر}$$

للماسورة ٨" :

$$\text{طول الماسورة المكافأة} = \frac{١٢٠٠ \times (١٠)^{٤,٨٧}}{(٨)^{٤,٨٧}} = ٣٦٠٠ \text{ متر}$$

للماسورة ١٠" : نفس طول الماسورة الأصلية = ١٤٠٠ متر

.·. الطول الكلى للماسورة ١٠" المكافأة لمجموعة المواسير المبينة فى الشكل رقم ١٢ - ٥ = ١٨٠٠٠ + ٣٦٠٠ + ١٤٠٠

= ٢٣٠٠٠ متر .

أى أن ماسورة قطر ١٠" بطول ٢٣٠٠٠ متر تحمل نفس تصرف مجموعة المواسير المبينة وبنفس الفاقد فى عامود الضغط .

ب – إذا كانت المواسير متصلة على التوازى (in Parallel)

$$(٥)\quad Le = \frac{L_2\ L_1}{(L_1^{0.54}+L_2^{0.54})^{1.58}} \quad \text{(Hazen)}$$

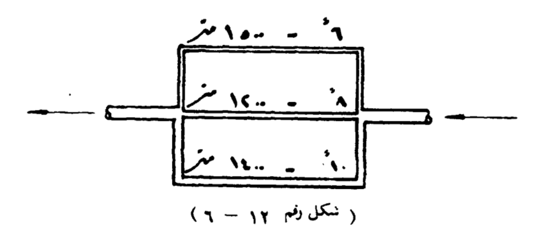
$$(٦)\quad Le = \frac{L^1\ L_2}{(L_1^{0.5}+L_2^{0.5})^2} \quad \text{(Chezy)}$$

حيث L_1 = طول ماسورة أصلية الأولى .

L_2 = طول ماسورة أصلية الثانية .

Le = طول الماسورة المكافأة للماسورتين .

مثال : المطلوب ايجاد الماسورة المكافأة لمجموعة من المواسير المتصلة على التوازن كما هو مبين فى الشكل (رقم ١٢ – ٦) .



(شكل رقم ١٢ – ٦)

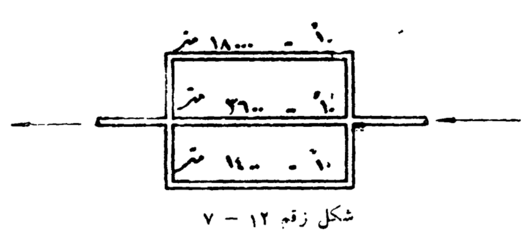
الحل : يتم الحل فى هذه المسألة على خطوات :

الخطوة الأولى : تحول كل المواسير إلى مواسير بنفس القطر . وذلك بافتراض أى قطر ثم ايجاد طول الماسورة المكافأة لكل ماسورة .

وفى هذه المسألة بافتراض أن قطر الماسورة المكافأة ١٠ بوصة نجد أن الماسورة المكافأة للماسورة ٦" بطول ١٥٠٠ متر هى ماسورة

قطر ١٠" وبطول ١٨٠٠٠ متر وكذلك نجد أن الماسورة المكافأة للماسورة قطر ٨" بطول ١٢٠٠ متر هى ماسورة ١٠" بطول ٣٦٠٠ متر — أما الماسورة ١٠" فتبقى بنفس الطول (راجع المثال السابق) .

وبذلك تتحول مجموعة المواسير إلى مواسير موحدة الأقطار — كما فى الشكل (رقم ١٢ — ٧) .

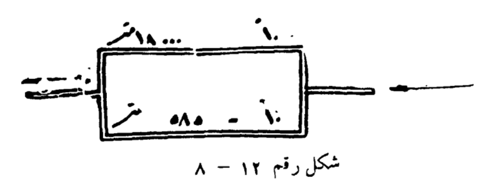


شكل رقم ١٢ — ٧

الخطوة الثانية : يتم تحويل مجموعة المواسير إلى ماسورة واحدة بأخذ كل ماسورتين وتحويلهما إلى ماسورة واحدة — وهكذا حتى يتم تحويل المجموعة بأكملها إلى ماسورة واحدة وذلك باستعمال المعادلات ٥ أو ٦ — وبالرجوع إلى شكل رقم ١٢ — ٧ وبأخذ الماسورتين الأوليين نجد أن طول الماسورة المكافأة لهما يساوى :

$$\frac{\text{١٤٠٠} \times \text{٣٦٠٠}}{\text{١٫٨٥}\left[\text{٠٫٥٤}(\text{٣٦٠٠}) + \text{٠٫٥٤}(\text{١٤٠٠})\right]} = \text{٥٨٥ متر}$$

وبذلك تتحول المجموعة إلى مجموعة من ماسورتين فقط كما فى (الشكل ١٢—٨) وهاتين الماسورتين يمكن أن يحل محلهما ماسورة مكافأة طولها :



شكل رقم ١٢ - ٨

$$\frac{١٨٠٠٠ \times ٥٨٥}{١.٨٥ \left[(١٨٠٠٠)^{٠.٥٤} + (٥٨٥)^{٠.٥٤} \right]} = ٣٨٨ \text{ متر}$$

أى أن ماسورة قطر ١٠" وبطول ٣٨٨ متر يمكن أن تحل محل مجموعة الثلاثة مواسير الأصلية (شكل ١٢-٦) وتحمل نفس التصرف و بنفس الفاقد فى عامود الضغط .

تصميم شبكات المواسير

هناك أكثر من طريقة لتصميم شبكات المواسير اللازمة لتوزيع المياه فى المدن ومن هذه الطرق :

١ - طريقة القطاعات (Method of Sections) .

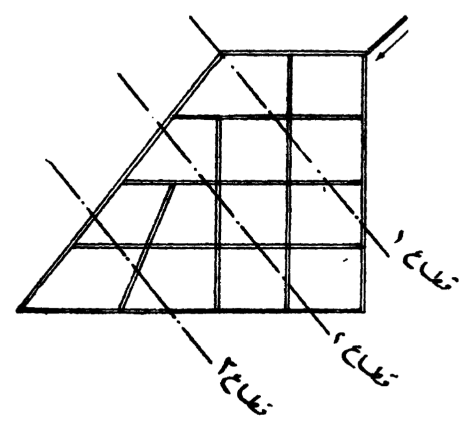
٢ - طريقة الكنتور (Contour Method) .

٣ - طريقة الدائرة (Circle Method) .

٤ - طريقة هاردى كروس (Hardy Cross Method) .

أ - طريقة القطاعات :

الا أن أبسط هذه الطرق هى طريقة القطاعات ويتلخص العمل بها فى الخطوات الآتية (شكل رقم ١٢ - ٩) :-



شكل رقم ١٢ - ٩

١ - يفترض اقطار المواسير المختلفة فى الشبكة وذلك بتقدير مبدئى للتعداد الذى تخدمه كل ماسورة وبالتالى التصرف المار فى كل منها وبفرض السرعة حوالى متر/الثانية.

٢ - يفترض قطاع فى الشبكة عمودى بقدر الامكان على الاتجاه العام لسير المياه فى الشبكة.

٣ - يرصد عدد أقطار المواسير التى قطعها هذا القطاع مع اهمال المواسير أقل من ٦".

٤ - تحسب التصرف الذى يمر فى كل من هذه المواسير بافتراض أن ميل خط ضغط المياه (hydraulic grade line) يساوى ٢ : ١٠٠٠ فى المتوسط.

٥ - مجموع هذه التصرفات يساوى التصرف الذى يمر إلى أجزاء المدينة تحت هذا القطاع (Downstream) ولنفرض أنه يساوى Q_1

٦ - يحسب احتياجات المدينة فى الأجزاء الواقعة تحت هذا القطاع بافتراض أقصى تصرف أى حوالى ٢٥٠ ٪ من التصرف المتوسط أو بافتراض التصرف المتوسط مع حدوث حريق فى المنطقة - أيهما أكبر = Q_2

أى أن Q_2 تساوى القيمة الأكبر من :

عدد السكان خلف القطاع × متوسط الاستهلاك × ٢٥٠ ٪ .

أو عدد السكان خلف القطاع متوسط الاستهلاك التصرف اللازم للحريق .

٧ - يقارن بين كل من Q_1 ، Q_2 أى بين التصرف الذى يمر من القطاع والتصرف الذى نحتاج إليه فعلا - فاذا كان Q_1 أقل من Q_2 وجب تكبير أقطار بعض المواسير لتعويض النقص - أما إذا كانت Q_2 أكبر من Q_1 بكثير وجب تصغير أقطار بعض المواسير .

وتتكرر العملية لأكثر من قطاع فى مختلف أجزاء المدينة .

مثال :

المطلوب التأكد من سلامة تصميم الشبكة (صحة افتراض الأقطار) الموضحة فى الشكل (رقم ١٢ - ١٠) بأستعمال طريقة القطاعات إذا اعطيت البيانات الاتية :

التعداد خلف القطاع ١ : ٨٠٠٠٠ نسمة

٢ : ٨٠٠٠٠ نسمة

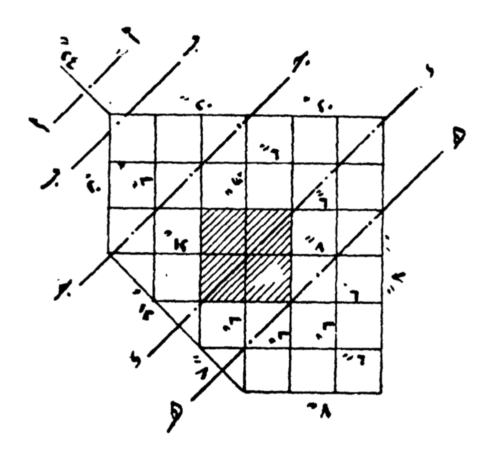
٣ : ٧٠٠٠٠ نسمة

٤ : ٤٠٠٠٠ نسمة

٥ : ١٥٠٠٠ نسمة

متوسط التصرف اليومي : ١٢٠ لتر /شخص /يوم

تصرف الحريق : ٢٥٠٠٠ متر مكعب



شكل رقم ١٢ — ١٠

الحـــل :

بدراسة هذا المثال يتضح أن متوسط الاستهلاك مضافاً إليه تصرف الحريق يزيد بكثير عن أقصى تصرف للاستهلاك – وبذلك يلزم تصميم الشبكة لتعطى تصرف يعادل متوسط الاستهلاك مضافاً إليه تصرف الحريق عندما يكون ميل حظ ضغط المياه ٢ : ١٠٠٠ .

القطاع الأول (آ–آ) :

(آ) متوسط الاستهلاك = ٨٠٠٠٠ × ١٢ر٠ = ٩٦٠٠ متر مكعب
استهلاك الحرائق = ٢٥٠٠٠ متر مكعب
المجموع = ٣٤٦٠٠ متر مكعب

(ب) التصرف فى المواسير المار فيها القطاع :
ماسورة ٢٤ بوصة : ٣٣٠ لتر/الثانية
: ٢٨٥١٠ متر مكعب

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير هذه الماسورة بأخرى قطر ٣٤" لتعطى تصرفاً قدره ٥٠٠ لتر/الثانية وهو ما يعادل ٤٣٢٠٠ متر مكعب يومياً .

القطاع الثانى (ب – ب) :

(آ) متوسط الاستهلاك = ٨٠٠٠٠ × ٠.١٢٠ = ٩٦٠٠ متر مكعب
استهلاك الحريق = ٢٥٠٠٠ متر مكعب
المجموع = ٣٤٦٠٠ متر مكعب

(ب) التصرف فى المواسير المار بها القطاع :
ماسورتين قطر ٢٠" = ٢ × ٢٠٠ = ٤٠٠ لتر/الثانية
= ٣٤٥٦٠ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصرف المطلوب بقدر بسيط جداً يمكن التجاوز عنه .

القطاع الثالث (جـ - جـ) :

(ا) متوسط الاستهلاك = ٧٠٠٠٠ × ٠٫١٢٠ = ٨٤٠٠ متر مكعب

استهلاك الحريق = ٢٥٠٠٠ متر مكعب

المجموع = ٣٣٤٠٠ متر مكعب يومياً

(ب) التصرف فى المواسير المار بها القطاع

ماسورة قطر ٢٠" : ١ × ٢٠٠ = ٢٠٠ لتر/ثانية

ماسورتين قطر ١٢" : ٢ × ٥٥ = ١٠ لتر/ثانية

خمسة مواسير قطر ٦" : ٥ × ٩ = ٤٥ لتر/ثانية

٣٥٥ لتر/ثانية

المجموع = ٣٠٦٧٠ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير ماسورتين ٦" بماسورتين ١٠" حتى يمكن أن يمر فى هذا القطاع التصرف المطلوب .

القطاع الرابع (د - د) :

(آ) متوسط الاستهلاك = ٤٠٠٠٠ × ٠٫١٢٠ = ٤٨٠٠ متر مكعب

استهلاك الحريق = ٢٥٨٠٠ متر مكعب

المجموع = ٢٩٨٠٠ متر مكعب

(ب) التصرف فى المواسير المار بها القطاع :

ماسورتين قطر ١٢" = ٢ × ٥٥ = ١١٠ لتر/ ثانية

ثمانية مواسير قطر ٦" = ٨ × ٩ = ٧٢ لتر/الثانية

المجموع = ١٨٢ لتر/الثانية

المجموع = ١٥٧٢٥ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير أربعة مواسير ٦" بأربعة مورسير ١٠" حتى يمر فى هذا القطاع التصرف المطلوب .

القطاع الخامس (هـ - هـ) :

(آ) متوسط الاستهلاك = ١٥٠٠٠ × ٠٫١٢٠ = ١٨٠٠ متر مكعب

استهلاك الحريق = ٢٥٠٠٠ متر مكعب

المجموع = ٢٦٨٠٠ متر مكعب

(ب) التصرف فى المواسير المار بها القطاع :

ماسورتين قطر ٨" : ٢ × ١٨ = ٣٦ لتر/ ثانية

ستة مواسير قطر ٦" : ٦ × ٩ = ٥٤ لتر/ثانية

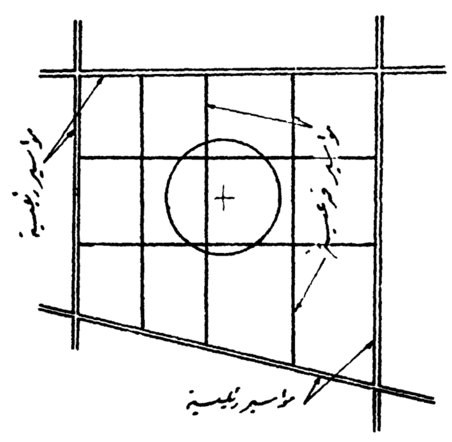
٩٠ لتر/ثانية

... المجموع = ٧٥٧٥ متر مكعب يومياً

وهو أقل من التصرف المطلوب ولذلك يجب تغيير مواسير قطر ٦" وماسورتين ٨" بأربعة مواسير قطر ١٠" حتى يمر فى هذا القطاع التصرف المطلوب .

٢ - طريقـــة الدائرة Circle method (شكل ١٢ - ١١)

وهذه أكثر ما تستعمل فى حساب أقطار المواسير الفرعية الموصلة ما بين المواسير الرئيسية فى شبكات التوزيع ذات النظام الشطرنجى (Gridiron System) وخطوات العمل فيها كالآتى :



شكل رقم ١٢ - ١١

١ - تختار نقطة متوسطة ما بين أربع مواسير رئيسية لتكون مركز دائرة قطرها ١٥٠ متر .

٢ - يرصد عدد وأقطار المواسير التى قطعتها هذه الدائرة (N) مع اعتبار نقطة التماس بين الدائرة واحد المواسير كأنها نقطتين للتقاطع .

٣ - بافتراض حريق فى مركز الدائرة يفترض أن التصرف اللازم لمقاومة هذا الحريق Q سيمر فى هذه المواسير التى قطعتها الدائرة .

فاذا كانت أقطار هذه المواسير متساوية كان التصرف المار فى كل ماسورة يساوى $\frac{Q}{N}$ ومن ثم يحسب الفاقد فى عامود الضغط فى الماسورة الفرعية لكل ١٠٠٠ متر من طولها .

ولما كانت المسافة بين الماسورتين الرئيسيتين حوالى كيلو متر فان محيط الدائرة المعتبر الحريق فى مركزها يبعد عن الماسورة الرئيسية حوالى أربعمائة متر . وبذلك يمكن ايجاد الفاقد فى عامو د الضغط فى هذه المسافة .

٤ — بمعرفة الضغط فى الماسورة الرئيسية ويطرح الفاقد فى عامود الضغط فى الأربعمائة متر من طول الماسورة الفرعية يمكن ايجاد قيمة عامود الضغط فى الماسورة الفرعية فى موقع الحريق (مركز الدائرة) وهذا يجب ألا يقل عن ٢٥ متر والا أعيد تصميم المواسير الفرعية التى تربط ما بين المواسير الرئيسية .

٥ — أما إذا كانت المواسير الفرعية التى تقطعها الدائرة غير متساوية الأقطار فيستعمل الجدول رقم ١٢—١ لتحويل هذه المواسير إلى مواسير ذات قطر واحد قبل متابعة الحل كما جاء فى الخطوات السابقة قم ٣ ، ٤ .

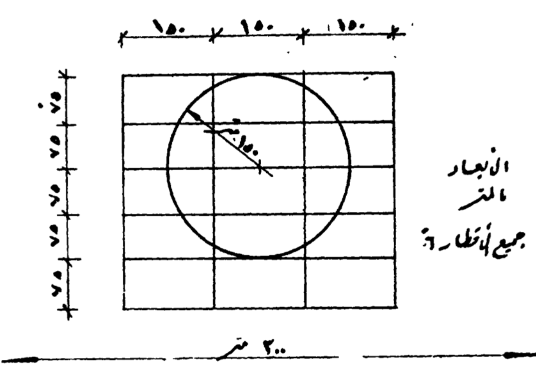
جدول رقم ١٢—١

عدد المواسير قطر ٤" المكافأة للمواسير المختلفة

قطر الماسورة بالبوصة	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦
عدد المواسير قطر ٤" المكافأة لها (أى تحمل نفس التصرف بنفس الفاقد فى عامود الضغط)	١	٣	٦,٦	١٢	٢٠	٣٠	٤٣

مثـال :

فى الشكل رقم (١٢ — ١٢) المطلوب التأكد من سلامة تصميم الشبكة باستعمال طريقة الدائرة إذا كان التصرف اللازم لمقاومة الحريق هو ٢٨ متر مكعب فى الدقيقة .



المسافة بين الماسورتين الرئيسيتين حوالى ١٠٠٠ متر

شكل رقم ١٢ — ١٢

الحـل :

يتضح من الشكل أن جميع المواسير التى تقطعها الدائرة قطاز ٦" — وأن عددها أربعة عشرة (نقطة التماس تمثل نقطتين للتقاطع) وبذلك يكون التصرف المار فى كل ماسورة يساوى ٢ متر مكعب فى الدقيقة . وسرعة المياه فى الماسورة عندئذ = ١٢٠ متر /الدقيقة = ٢ متر /الثانية (تقريباً) .

وبالرجوع إلى منحنيات السرعة والفاقد فى الضغط فى المواسير (شكل ١٢ — ٤) نجد أن الفاقد فى الضغط = ٢٥ متر لكل ألف متر طولى للماسورة .

ولما كان محيط الدائرة يبعد عن المواسير الرئيسية المغذية للمواسير الفرعية حوالى ٤٠٠ متر فى المتوسط فان الفاقد فى الضغط فى المواسير الفرعية فى المسافة ما بين الماسورة الرئيسية ومحيط الدائرة يساوى : ٢٥ × ٤٠٠/١٠٠٠ = ١٠ متر

فاذا كان الضغط فى المواسير الرئيسية = ٤٠ متر

∴ الضغط فى المواسير الفرعية عند محيط الدائرة = ٤٠ — ١٠ = ٣٠ متر

وهو ضغط كاف إذ يزيد على ٢٥ متر وهو الضغط الواجب توافره فى المواسير لمقاومة الحريق عند استعمال الطلمبات المتنقلة (motor pumpes) لسحب المياه من شبكة المواسير وضخها فى خراطيم الحريق . كما تشترطه بعض المواصفات .

القطر الاقتصادى لمواسير الطرد :

عند اختيار أقطار المواسير التى تضغط فيها المياه لمسافات بين محطة طلمبات الضغط العالى والمدينة (شكل ١٢ — ١٣) فأنه يجب مراعاة اختيار أقطار هذه المواسير بحيث تكون التكالفة أقل ما يمكن — ويمكن تقسيم تكاليف مثل هذه المواسير إلى :

١ — الثمن الاساسى للمواسير بما فيه تكاليف الانشاء — وهذا الثمن يتزايد مع كبر قطر الماسورة نظراً لزيادة كمية الحديد المستعمل فى

الماسورة وكذلك لزيادة التكاليف الانشائية مع كبر القطر - وهذا الثمن الأساسى يفترض استهلاكه فى المدة التى تخدم فيها الماسورة (عمر الماسورة) وهذا يساوى عادة حوالى خمسين عاماً .

٢ - الفائدة السنوية لرأس المال الذى استغل فى الثمن الأساسى وهذه الفائدة تتزايد مع كبر رأس المال هذا .

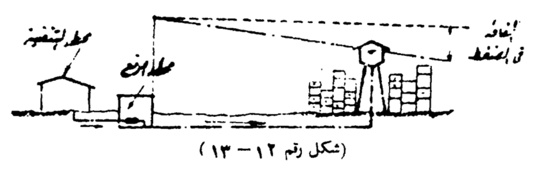
٣ - تكاليف ضغط الماء فى الماسورة وهذه تقل مع كبر قطر الماسورة إذ أن الفاقد فى الاحتكاك فى الماسورة يقل مع كبر قطر الماسورة - ومن ثم فان قوة الطلمبات اللازمة لضغط المياه تقل وبالتبعية تقل القوة الكهربية المستعملة .

وبذلك تكون التكاليف السنوية للماسورة :

١ - رأس المال مقسوماً على عدد سنين خدمة الماسورة .

٢ - الفائدة السنوية لرأس المال هذا .

٣ - تكاليف القوى المحركة لطلمبات الضغط .



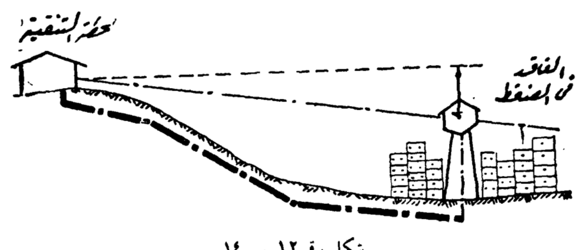
(شكل رقم ١٢ - ١٣)

ونلاحظ أن البند ١ ، ٢ يأخذان فى الإزدياد إذ أخذ البند الثالث فى النقصان . ويمكن الحصول على أقل مجموع للثلاثة بنود بتطبيق قاعدة كلفن التى تنص على :

« إذا تساوت التكاليف الآخذة فى الإزدياد مع التكاليف الآخذة فى النقصان فان جملة التكاليف تكون أقل ما يمكن » .

القطر الاقتصادى لمواسير تسير بالانحدار الطبيعى :

هناك بعض الحالات التى تكون فيها محطة التنقية على منسوب عالى بالنسبة للمدينة بحيث يسير الماء فى الماسورة الرئيسية بالانحدار الطبيعى دون الحاجة إلى محطة طلمبات (شكل ١٢ - ١٤) وفى هذه الحالة يحسن اختيار قطر الماسورة هذه بحيث يكون الفاقد فى الاحتكاك مساوياً للفرق بين منسوب المياه فى محطة التنقية . ومنسوب المياه فى خزان المياه العلوى فى أقصى المدينة والذي يكون ارتفاعه كافياً لحفظ المياه على منسوب كافى لرفع المياه إلى الدور الرابع فى آى منزل فى المدينة .



شكل رقم ١٢ - ١٤

الضغط فى شبكات التوزيع :

تنص بعض المواصفات على أنه يجب حفظ الضغط فى شبكات التوزيع بحيث يكون كافياً لرفع المياه إلى الدور الرابع فى المساكن فى أى مكان فى المدينة . على أن يكون عند وصوله إلى هذه الأدوار تحت ضغط قدر ستة أمتار على الأقل وبذلك يجب ألا يقل عامود الضغط فى المواسير عن خمسة وعشرين متراً موزعة كالآتى :

١٤ متراً ارتفاع أربعة أدوار .
٥ متر فاقد فى مواسير التوزيع داخل المنزل .
٦ متر عامود الضغط على الصنابير داخل المنزل .

---

٢٥ متراً للمجموع

وتنص بعض المواصفات الأخرى على ألا يقل الضغط فى المواسير الرئيسية فى المدينة عن ٤٠ رطل على البوصة المربعة أى ثلاثة كيلوجرام على السنتيمتر المربع - أما الضغط فى المواسير الفرعية فيجب ألا يقل ٢٠ رطل على البوصة المربعة أى ١,٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع .

أى أن عامود ضغط الماء يجب ألا يقل عن ثلاثين متراً فى المواسير الرئيسية ولا يقل عن خمسة عشر متراً فى المواسير الفرعية .

كما ينص فى بعض الاحوال على ألا يقل الضغط فى المواسير من ٦٠ أو ٧٥ رطل على البوصة المربعة (٤ - ٥ كيلوجرام على السنتيمتر المربع) وذلك لضمان ضغطا كافياً لمقاومة الحرائق . الا أن حفظ هذا الضغط فى الشبكة يستلزم مواسير خاصة تتحمل هذا الضغط وكذلك وصلات من انواع خاصة لا تتسرب منها المياه تحت هذا الضغط العالى نسبياً - ولذلك يفضل ألا يتجاوز الضغط ٤٠ رطل بوصة مربعة أى ثلاثة كيلو جرام/سنتيمتر مربع - وفى هذه الحالة ينصح باستعمال طلمبات متنقلة لضخ الماء من مواسير التوزيع فى خراطيم مقاومة الحريق عند الحاجة لذلك .

كما أنه فى بعض المدن توجد شبكتان للتوزيع يحتفظ فى شبكة منها بضغط عادى ٢٠ - ٤٠ رطل/البوصة المربعة أى ١ ١/٢ - ٣ كيلوجرام/

سنتيمتر المربع . ويحفظ فى الأخرى بضغط عالى من ٦٠ — ٨٠ رطل البوصة المربعة أى ٤ — ٦ كيلوجرام/ سنتيمتر المربع — ويستعمل الشبكة الأولى فى الأغراض العادية : أما الشبكة الثانية فتستعمل فى أغراض مقاومة الحرائق أو الأغراض الصناعية الخاصة .

المواسير المستعملة فى شبكات التوزيع

تصنع مواسير شبكات التوزيع من المواد الآتية :

الحديد الزهر

الحديد الصلب

الاسبستوس

مواسير الحديد الزهر

وهذه أكثر المواسير استعمالا نظراً لمتانتها وطول مدة استعمالها ورخص ثمنها نسبياً وتصنع عادة بحيث أما أن تكون منتفخة فى أحد أطرافها ويسمى هذا الانتفاخ بالرأس (Bell) . بينما يسمى الطرف الآخر بالذيل (Spigot) . أو تصنع بحيث يكون بكل طرف من أطرافها شفة (flanged end) بكامل محيط المقطع — أو تصنع بحيث يكون طرفاها عاديين أى بدون رأس أو شفة (plain end) أو مشكلين تشكيلا خاصاً ليتناسبا مع طريقة عمل الوصلات بينهما .

وتصنيع مواسير حديد الزهر بطريقتين :

١ — طريقة الصب (Pit cast) : وفيها يصب الحديد الزهر المنصهر فى قوالب رأسية بحيث يكون رأس الماسورة إلى أسفل ثم تزال الماسورة من القالب بعد أن تبرد وتنظف من الرمل العالق بها ثم تسخن لدرجة ١٥٠ درجة سنتجراد وعندئذ تغمس فى حمام من مركب بيتوميني لتكسيتها من الداخل والخارج بهذا المركب وذلك لحفظها من التآكل .

٢ - طريقة اللف المركزى (Centrifugal cast) : وفيها يصب الحديد الزهر المنصهر فى قالب يدور بسرعة حوالى ألف لفة فى الدقيقة - ونتيجة لهذا الدوران السريع تشكل الماسورة على أن تغمس فى المركب البيتوميني الساخن لتكسيتها من الداخل أوالخارج بهذا المركب منعاً لتآكلها .

وتقسم مواسير الحديد الزهر إلى درجات تبعاً للضغط الذى تختبر لتحمله كالآتى :

الدرجة	ضغط الاختبار فى المصنع	ضغط الاختبار بعد التركيب
أ A	٦٠ متر	٣٠ متر
ب B	١٢٠ متر	٦٠ متر
جـ C	١٨٠ متر	٩٠ متر
د D	٢٤٠ متر	١٢٠ متر

وأكثر الدرجات استعمالا هى درجة «ب» «B».

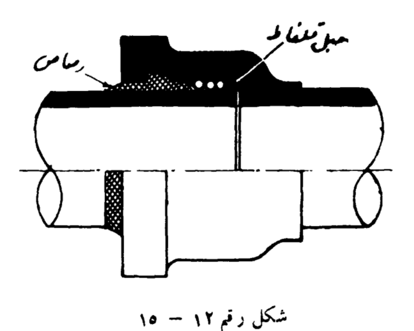
وصلات مواسير الحديد الزهر :

وهناك عدة طرق لتوصل مواسير الحديد الزهر .

١ - وصلات رأس وذيل : Bell & Spigot (شكل ١٢ - ١٥):

ويتم تصنيع هذه الوصلة بوضع ذيل الماسورة داخل رأس الماسورة المجاورة - على أن يضبط محورى الماسورتين بحبل القلفاط المصنوع من الكتان المقطرن وكبسه داخل الرأس بأدوات خاصة بحيث يشغل ثلث عمق الرأس تقريباً . ثم يصب فى بقية الفراغ بين الرأس والذيل الرصاص المنصهر .

وحتى يتيسر صب الرصاص المنصهر والمواسير موضوعة فى وضع أفقى يلف الذيل بجوار رأس الماسورة الأخرى مباشرة بحبل مكسى بالطين لسد الفتحة ما بين الرأس والذيل مع ترك فتحة بأعلى ليدخل منها الرصاص المنصهر ثم يزال الحبل والطين – ويدك الرصاص فى الفراغ بين الرأس والذيل حتى تملأ الفجوات التى تكون قد تكونت فى الرصاص عند صبه .

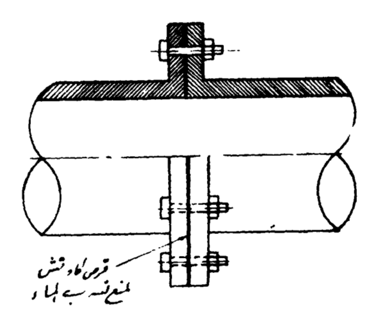


شكل رقم ١٢ – ١٥

٢ – لحام المواسير ذات الشفة (Flanged joints) (شكل ١٢ – ١٦)

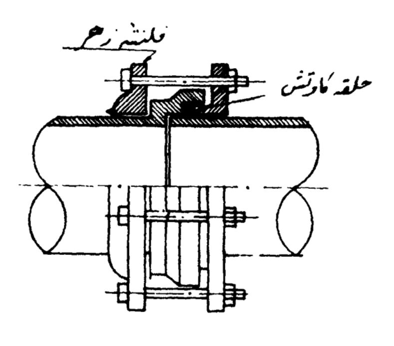
ويربط وجه الماسورة المجاورة بواسطة مسامير قلاوظ بعد أن توضع بين الوجهين حلقة من المطاط أو الكاوتش لمنع تسرب الماء بين الوجهين .

وهاتين الطريقتين هما أكثر الطرق شيوعاً فى الاستعمال .



شكل رقم ١٢ — ١٦

٣ — وصلة جونسون (Johnson) (شكل ١٢ — ١٧) .

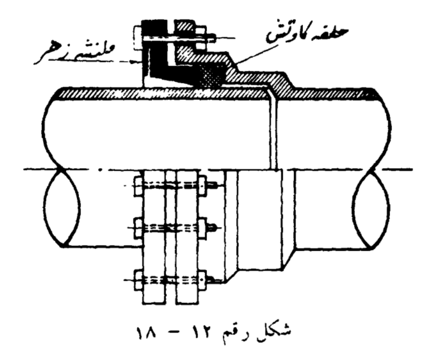


شكل رقم ١٢ — ١٧

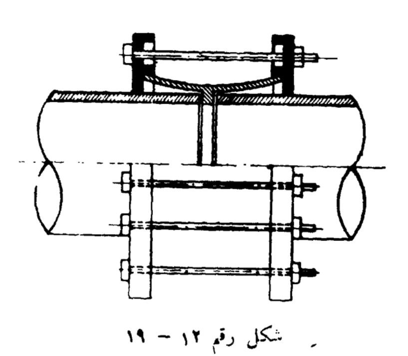
٤ — وصلة ميكانيكية (Mechanical) (شكل ١٢ — ١٨) .

٥ — لحام مواسير ذات أطراف عادية (شكل ١٢ — ١٩) .

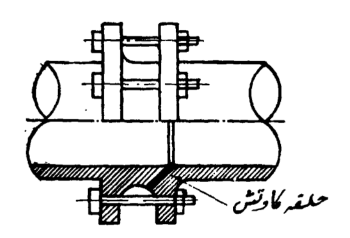
٦ — وصلة يونيفرسال (Universal joint) (شكل ١٢ — ٢٠) .



شكل رقم ١٢ — ١٨



شكل رقم ١٢ — ١٩



شكل رقم ١٢ — ٢٠

وتتميز الطرق الأربعة الأخيرة بالآتى :

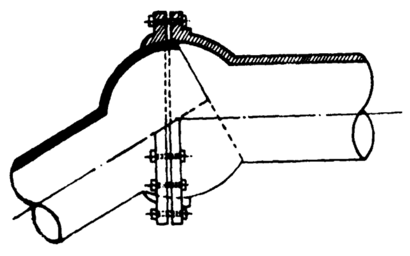
(ا) لا تحتاج إلى خبرة فى التركيب .

(ب) لا تحتاج إلى صب معدن منصهر وما فى ذلك من متاعب .

(ج) يمكن عملها تحت الماء دون نزح الماء من الخندق .

٧ — الوصلات المرنة (Flexible joint) (شكل ١٢ — ٢١) .

وجميع الوصلات السابقة ينتج عنها خط من المواسير المتجاورة على استقامة واحدة الا أنه إذا احتاج الأمر يمكن عمل الوصلات المرنة التى



شكل رقم ١٢ — ٢١

تصل ما بين مواسير ذات أطراف بأشكال كروية خاصة تسمح بتكوين زاوية بين الماسورتين المتجاورتين . وذلك توفيراً للأكواع التى تلزم لعمل المنحنيات فى خطواط المواسير .

وتتميز مواسير الحديد الزهر عن غيرها من المواسير بأنها : تعيش مدة طويلة . لا تحتاج إلى صيانة . وصلاتها محكمة لا تنفذ منها المياه — إلا أن سعرها الابتدائى عادة مرتفع كما أن تكاليف نقلها من المصنع إلى الموقع عالية .

مواسير الحديد الصلب

Steel Pipes

يتم تصنيع هذه المواسير من ألواح الصلب على أن تلحم أطرافها بأحد الطرق الآتيـة :

١ — اللحام بالكهرباء وفى هذه الطريقة يوضع طرف الألواح أمام بعضهما ثم يتم اللحام بالكهرباء .

٢ — طريقة اللحام بلهب الأكسوجين وفى هذه الطريقة يركب طرفى الألوح على بعضهما بحيث لا يقل مقدار الركوب عن ضعف سمك اللوح ومن ثم يتم اللحام بلهب الأكسوجين من الداخل والخارج ثم تضغط آلة خاصة على الوصلة وهى ساخنة لدرجة الاحمرار حتى يتم اللحام واستواء سطح الماسورة داخلياً وخارجياً .

يعقب ذلك تسليط هواء مضغوط محمل بالرمل (Sand Blasting) ومن ثم تسخن الماسورة وتغمس فى حمام البيومتين أسوة بالمواسير الحديد الزهر . وتقسم المواسير الصلب إلى درجات تبعاً للضغط الذى تختبر لتحمله أسوه بالمواسير الحديد الزهر .

وصلات المواسير الصلب :

وأكثر الوصلات استعمالا فى المواسير الصلب هى وصلة المواسير ذات الشفة (Flanged) (شكل ١٢ — ١٦) إذ أن الغالبية العظمى من المواسير

الصاب تصنع بحيث يكون طرفا الاسطوانية مزودين بشفة بكامل محيط الماسورة . (Flanged Ends) .

كما يستعمل أحيانا وصلة الرأس والذيل (Bell & Spigot) وفى هذه الحالة يلزم توسيع أحد طرفى الماسورة ليدخل فيه طرف الماسورة المجاورة .

وتمتاز المواسير الصلب عن غيرها من المواسير بسهولة النقل والتركيب نظراً لخفة الوزن بالنسبة للمواسير الحديد الزهر . كما أنها تتحمل ضغوطاً داخلية عالية وتتحمل المطرقة المائية (Water Hammer) أكثر من المواسير الحديد الزهر — يضاف إلى ذلك أن عدد اللحامات أقل من المواسير الزهر نظراً لأنها تصنع بأطوال أكبر من الحديد الزهر .

إلا أن لها العيوب التالية :

لا تتحمل ضغوط خارجية كبيرة ولا تقاوم التآكل بفعل التربة والماء . كما أنه يصعب أخذ فروع تغذية منها إلى المنازل .

ويقصر استعمال المواسير الصلب على الحالات الآتية :

١ — عندما يراد استعمال مواسير خفيفة كما هو الحال عند التعدية على كوبرى (Trestle) .

٢ — عندما تتعرض المواسير لذبذبة واهتزازات — كما هو الحال فى محطات الطلمبات .

٣ — إذا كانت المواسير غير مردومة بالأتربة كما هو الحال فى المواسير الرأسية الصاعدة إلى خزانات المياه المرتفعة .

المواسير الاسبستوس الاسمنتي

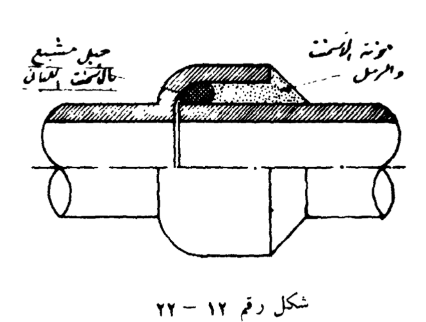
Cement Aspestos Pipes

وهى تصنع من خليط من الأسمنت والأسبستوس بنسبة ١ : ٧ وهى تصنع أيضاً على درجات تبعا للضغط الذى تختبر لتحمله أسوة بالمواسير الحديد الزهر والصلب كما تصنع المواسير أما أطراف عادية أو بأطراف رأس وذيل .

وصلات مواسير الاسبستوس :

١ - وصلة الرأس والذيل :

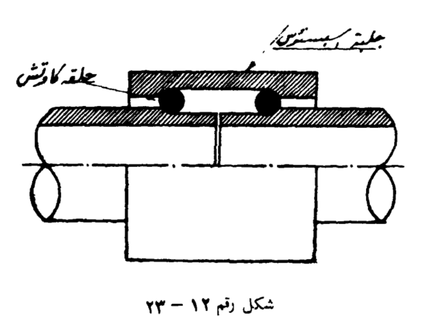
وفى هذه الحالة تعمل الوصلات بواسطة حبل قلفاط مشبع بالأسمنت اللبانى يشغل ثلث عمق الرأس ثم يملأ باقى الفراغ بمونة الأسمنت والرمل بنسبة ١ : ١ (شكل ١٢ - ٢٢) .



شكل رقم ١٢ - ٢٢

٢ — وصلة سمبلس (Simplex) :

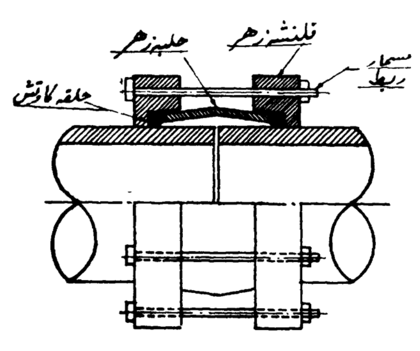
وهذه تستعمل لوصل المواسير ذات الأطراف العادية — وتستعمل فيها جلبة من الاسبستوس وحلقتين من الكاوتش لمنع تسرب الماء خارج المواسير (شكل ١٢ — ٢٣) . ثم تحاط الوصلة بأكملها بمونة الأسمنت أو بالبيتومين .



شكل رقم ١٢ — ٢٣

٣ — وصلة جيبولت (Giblot) :

وهى تستعمل أيضاً لوصل المواسير ذات الأطراف العادية وتستعمل فى هذه الوصلة جلبة من الزهر أو الحديد واطارين من الحديد ، وحلقتين كاوتش ومسامير قلاووظ لربط الاطارين ببعضهما فيضغطا الحلقتين الكاوتش وبذلك يمنع الماء من التسرب خارج الماسورة (شكل ١٢ — ٢٤) على أن تحاط الوصلة بعد الانتهاء منها بالبيتومين ، لمنع تآكل الأجزاء المعدنية (الجلبة والحلقتين) بفعل الأملاح التى قد تتواجد فى المياه الجوفية .



شكل رقم ١٢ — ٢٤

وتمتاز المواسير الاسبستوس بالآتى :

١ — تقاوم التآكل الناتج من وجود أحماض فى المياه الجوفية .

٢ — ناعمة الملمس من الداخل . من ثم معامل احتكاك صغير وبالتبعية فاقد صغير فى الضغط.

٣ — تتحمل ضغطاً داخلياً كبيراً .

٤ — تتحمل ضغطاً خارجياً كبيراً .

٥ — وصلاتها السماكس والجيبولت مرنة تسمح بأحداث انحراف فى خط المواسير إلى ١٢° فى الوصلة الواحدة .

٦ — أقل وزناً من مواسير الحديد الزهر بحوالى ٢٠ ٪

٧ سهلة القطع بالمنشار العادى .

٨ — سهولة تركيب مواسير التغذية فيها .

المواسير الخرسانية

وهذه المواسير لا تتحمل ضغط داخليا عاليا ولذلك تستعمل فقط فى مجارات المآخذ الموصلة من المأخذ على الشاطىء إلى بيارة المياه العكرة التى تسحب منها محطة الضغط الواطى المياه إلى أعمال التنقية – والأماكن الأخرى التى يقل فيها الضغط الداخلى أو ينعدم – والمواسير الخرسانية أما مسلحة أو غير مسلحة كما أنها إما مصبوبة خارج الموقع أو مصبوبة فى الموقع .

وأهم مزايا هذه المواسير :

١ – تقاوم الضغط الخارجى .

٢ – لا تحتاج تكاليف لصيانتها .

٣ – ممكن تصنيعها بالمواد الأولية الموجودة فى الموقع .

٤ – لا تتآكل بفعل المياه الجوفية .

٥ – لا تحتاج إلى وصلات تمدد .

٦ – لا تحتاج إلى خبرة عالية فى التصنيع والانشاء فى الموقع .

إلا أن لها العيوب الآتية :

١ – يترسب منها الماء نتيجة لمسامية الخرسانية وتشققها .

٢ – لا تتحمل الضغط الداخلى العالى ولذلك لا تستعمل فى شبكات التوزيع .

٣ – تتآكل بفعل الأحماض أو القلويات التى قد تتواجد فى المياه الجوفية .

٤ – صعبة الاصلاح إذا احتاج الأمر لذلك .

٥ – ثقيلة الوزن مما يضطرنا إلى تصنيعها بأطوال قصيرة ليسهل نقلها ولتقليل احتمال كسرها .

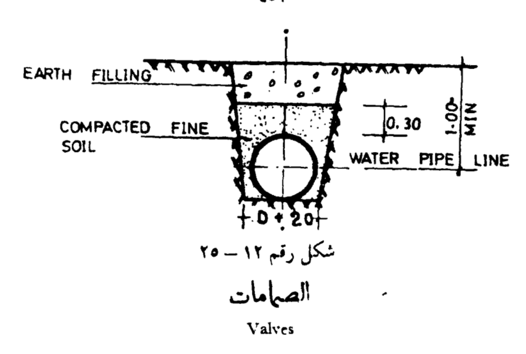
انشاء خطوط المواسير

Construction of Pipe Lines

تحفر الخنادق التى توضع فيها المواسير بعناية وبالاتساع الكافى لسهولة العمل فيها لعمل الوصلات بين المواسير . ألا أنه ليس من الضرورى أن يراعى أعطاء قاع الخندق ميل خاص بل يكتفى بأن يكون قاع الخندق موازيا لسطح الأرض وعلى عمق كاف يحمى الماسورة من أثقال حركة المرور فى الطريق – وينص عادة فى المواصفات على أن يكون ارتفاع الردم فوق الراسم العلوى للماسورة لا يقل عن متر أو متر ونصف تبعاً لحجم الحركة فى الشارع الذى توجد فيه الماسورة .

وعند وضع الماسورة فى الخندق يجب أن يوضع تحتها طبقة من الرمل أو التراب الخالى من الحصى إذا كانت الأرض صخرية وذلك كأساس للماسورة فى ارتكازها على قاع الخندق .

أما الردم فيتم على طبقات مع دك طبقة على أن تكون الأتربة المستعملة فى الردم متجانسة خالية من الحصى والأجسام الكبيرة حتى يكون الردم منتظم حول الماسورة مما يعطى انتظاما لتوزيع الأحمال فى الشارع على جسم الماسورة (شكل ١٢ – ٢٥) .



شكل رقم ١٢ — ٢٥

الصمامات

Valves

على طول خطوط المواسير فى شبكة التوزيع نجد الكثير من الصمامات التى توضع لخدمة أغراض معينة مثل التحكم فى سير المياه أو التحكم فى ضغط المياه ... وأهم هذه :

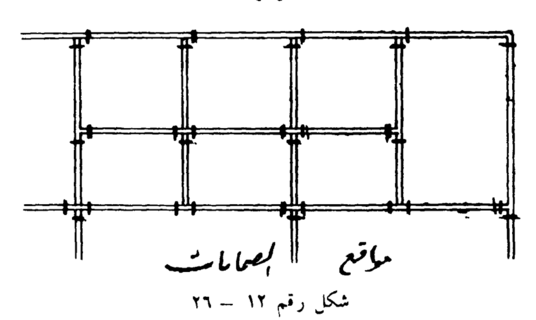
١ — صمام حجز أو صمام سكينة (Sluice or gate valve) :

وهو أكثر الصمامات استعمالا فى شبكات المياه — والغرض منها التحكم فى سير المياه فى الأجزاء المختلفة فى الشبكة — وقفل المياه عن الأماكن التى تجرى اصلاحها .

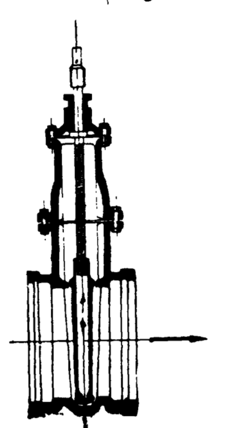
وتوضع هذه الصمامات فى تقاطع وتفرع المواسير (شكل ١٢ — ٢٦) ويلاحظ أن عدد الصمامات عند التقاطع يقل عن عدد التفرعات عند التقاطع بواحد . ويبين الشكل (١٢ — ٢٧) قطاع فى هذا المحبس .

٢ — صمام مرتد (Check or non return or reflux valve) :

والغرض من هذه الصمامات منع ارتداد الماء فى اتجاه مضاد للاتجاه الطبيعى لسيره عند حدوث أى أعطال أو كسر فى الماسورة — والمتبع أن



شكل رقم ١٢ — ٢٦

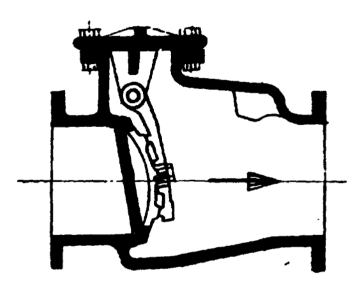


شكل ١٢ — ٢٧

يركب خلف الصمام المرتد صمام حجز لتسهيل الكشف على الصمام المرتد عند الضرورة (شكل ١٢ — ٢٨) .

ويوضع الصمام المرتد فى الأماكن الآتية :

١ — على الخطوط الرئيسية للمياه عند خروجها من محطة الطلمبات .



شكل رقم ١٢ – ٢٨

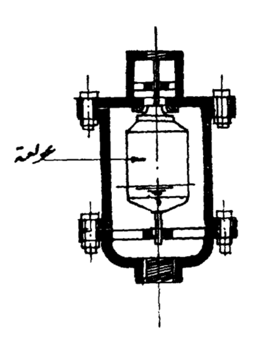
٢ – على مخرج كل طلمبة فى محطة الطلمبات

٣ – فى المواسير الرئيسية المتجهة إلى أعلا لخدمة منطقة مرتفعة – وذلك لمنع ارتداد الماء من المنطقة المرتفعة عند حدوث كسر فى الماسورة .

٣ – صمام الهواء (Air valve) (شكل ١٢ – ٢٩) :

والغرض منه تصريف فقاقيع الهواء التى تتجمع فى المواسير عند النقط المرتفعة فيها – إذ أن تجمع الهـواء فى هذه الأماكن يسبب نقصاً كبيراً فى فى التصرف .

ويوضع هذا الصمام فى قمم القطاع الطولى للماسورة نظـراً لتجميع الهواء فى هذه المناطق فاذا تجمع الهواء فى علبة العوامة انخفض منسوب الماء فيها ومن ثم تنخفض العوامة فيفتح مخرج الهواء المحبوس فى العلبة كما يسمح هذا الصمام بدخول الهواء إلى الماسورة عند تفريغ الماسورة من الماء إذا احتاج الأمر لذلك .



شكل رقم ١٢ — ٢٩

٤ — صمام تخفيض الضغط (Pressure reducing valve) (شكل ١٢ — ٣٠):

والغرض منه تخفيض الضغط فى المواسير حتى لا يصل إلى الدرجة التى قد يتسبب عنها كسر الماسورة وهو يوضع فى الأماكن الآتية :

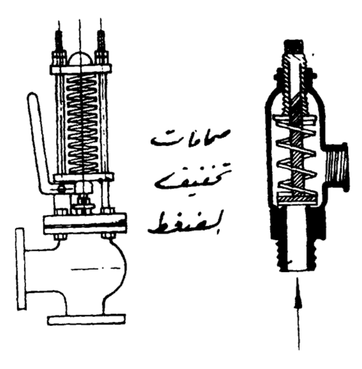
١ — فى الأماكن القريبة من محطات الطلمبات .

٢ — عند اتصال شبكة مياه ذات ضغط عالى بشبكة مياه ذات ضغط واطى .

٣ — عند مدخل المياه فى أحواض تخزين المياه .

٤ — فى شبكات المياه فى الأماكن المنخفضة فى المدينة .

٥ — ويتركب هذا الصمام على المواسير الطويلة لتخفيف الضغط الناتج عن قفل صمامات الحجز بسرعة وما ينتج عنه من مطرقة مائية .-



شكل رقم ١٢ — ٣٠

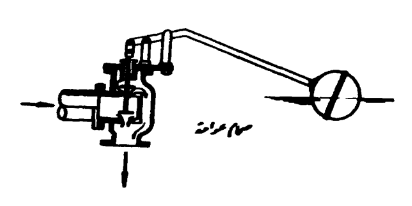
ويتكون هذا الصمام من مكبس صغير يرتكز على زنبرك فاذا زاد ضغط الماء يتحرك المكبس نتيجة لهذا الضغط فينكشف فتحة صغيرة فى جدار اسطوانة المكبس . فيخرج الماء من الفتحة وبذلك يخف الضغط ويعود المكبس إلى وضعه الأصلى بفعل الزنبرك —

٤ — صمام عوامة (Float Vave) (شكل ١٢ — ٣١) :

ويتركب هذا الصمام على مداخل المياه فى أحواض الترشيح وأحواض تخزين بحيث يقفل أو يفتح تبعاً لحركة العوامة التى تطفو على سطح الماء فى الحوض . وبذلك يحفظ منسوب المياه فى الحوض ثابتاً .

٥ — صمام غسيل (Scour Valve) :

وهو عبارة عن صمام حجز عادى يوضع فى النقط المنخفضة فى القطاع الطولى للماسورة وذلك لتفريغ خط المواسير عند الحاجة .



شكل رقم ١٢ – ٣١

٦ – صمام حريق (Fire hydrant) :

توضع صمامات الحريق فى شبكة المواسير على مسافات تتوقف على العوامل الآتية :

١ – الضغط الموجود فى شبكة المواسير .

٢ – احتمالات حدوث الحرائق .

٣ – قيمة الممتلكات فى المنطقة والمراد حمايتها ضد الحريق .

٤ – نوع المواد المستعملة فى المبانى ومدى مقاومتها للحرائق .

٥ – استعمالات المنطقة تحت الدراسة هى منطقة سكنية أو صناعية أم تجارية .

ويوصى دائماً بألا تتجاوز المسافات بين صمامات الحريق والمسافات الآتيـة :

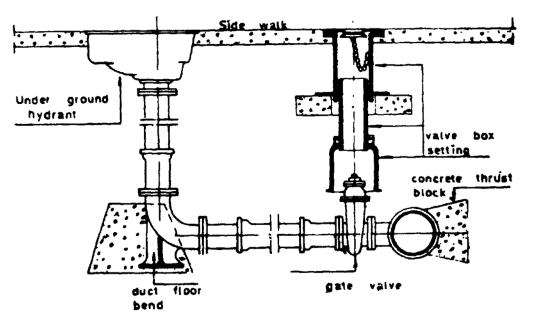
المناطق الصناعية والتجارية العالية القيمة : ٥٠ – ٧٠ متر

المناطق السكنية المتلاصقة المبانى : ٧٠ – ٩٠ متر

المناطق ذات المساكن المنفصلة (فيلات) : ٩٠ – ١٥٠ متر

ويجب ألا يقل قطر الماسورة التى يركب عليها صمام الحريق عن ستة بوصات كما أنه يركب على كل صمام ثلاثة خراطيم وهو أقل عدد من الخراطيم يلزم لمقاومة أى حريق - على ألا يقل تصرف كل خرطوم عن عشرين لتر فى الثانية .

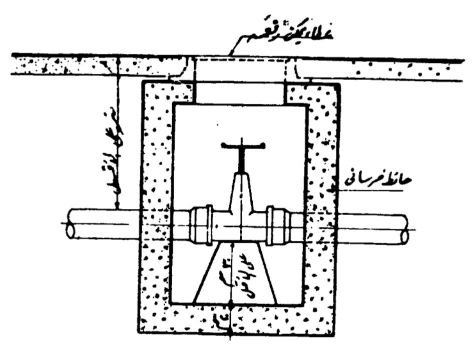
وصمام الحريق أما يكون ظاهر على سطح الأرض لسهولة الاهتداء إليه أو يكون فى علب خاصة بغطاء حديدى تحت سطح الأرض - لمنع تشويه منظر الطريق (شكل ١٢ - ٣٢) .



شكل رقم ١٢ - ٣٢

حجرات وصناديق الصمامات :

لامكان الوصول إلى الصمامات المركبة على مواسير المياه الرئيسية الموجودة تحت سطح الأرض توضع هذه الصمامات فى غرفة خاصة تحت سطح الأرض ولها سقف مزود بفتحة للدخول اليها لتشغيل الصمام على أن تغطى هذه الفتحة بغطاء من الحد الزهر (شكل ١٢ - ٣٣) .

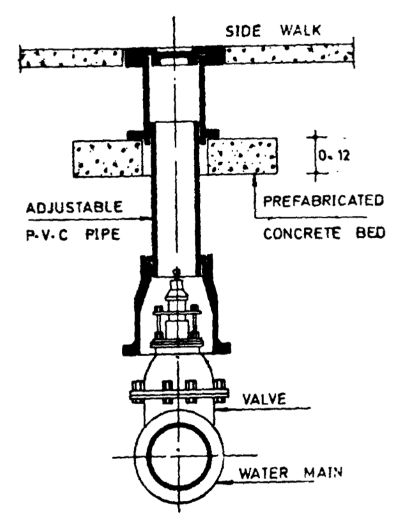


شكل رقم ١٢ - ٣٣

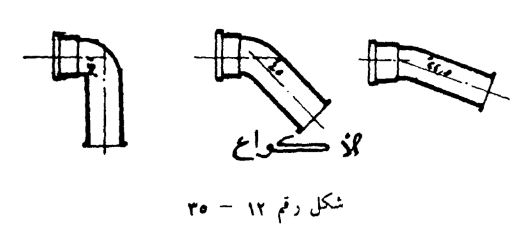
أما الصمامات الصغيرة المركبة على مواسير التوزيع داخل المدينة فتوضع فى صناديق صغيرة من الزهر عبارة عن اسطوانة تزلق داخل أخـــرى (Telescopic pipes) ترتكز الأسطوانة السفلى على الماسورة المركبة عليها الصمام وتمتد الاسطوانة العليا لتصل إلى سطح الأرض على أن تغطى بغطاء من الحديد. وفى هذه الحالة يتم تشغيل الصمام بواسطة عامود حديدى خاص يمتد داخل الأسطوانة إلى رأس الصمام (شكل ١٢ - ٣٤).

الأكـــواع : Elbows

تركب الأكواع على المواسير عند تغيير اتجاهها ونظراً لتعرضها لضغط كبير نتيجة اتجاه مسار الماء فأنه يحسن أن يكون سمك جدار الكوع أكبر من سمك المواسير العادية كما يجب أن يوضع كتلة خرسانة حول الكوع لتلقى الضغط العالى الناتج عن تغيير اتجاه مسار المياه.



شكل رقم ١٢– ٣٤

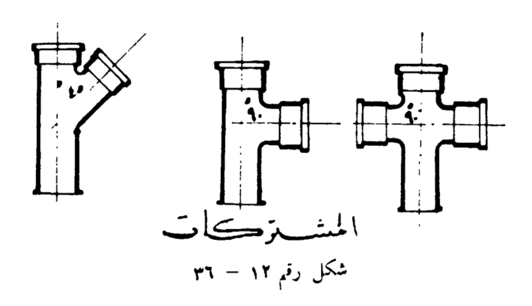


شكل رقم ١٢ – ٣٥

وتسمى الأكواع بدرجة انحنائها – فهناك كوع ٩٠° درجة أو ¼ دائرة وكوع ٤٥° أى ⅛ دائرة ... وهكذا .

المشـتركات Junctions (شكل ١٢ – ٣٦) :

والغرض من هذه المشتركات عمل تفرعات فى خط المواسير وهى إما على شكل زاوية قائمة وتسمى فى هذه الحالة (T أو +) تبعا لعدد التفرعات أو بزاوية حادة وتسمى فى هذه الحالة (Y) – كما أن الماسورة المتفرعة والماسورة الرئيسية أما تكونا بنفس قطر الماسورة الأصلية أو بقطر



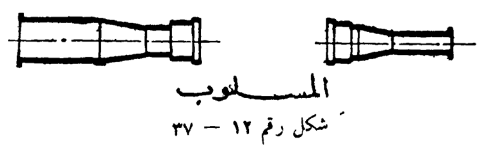
شكل رقم ١٢ – ٣٦

أقل . وعندئذ يرمز لها بكسر بسطه قطر الماسورة المتفرعة ومقامة قطر الماسورة الأصلية : أى أن (Y ٦/١٢) بقصد بها مشترك على شكل (Y) الماسورة الأصلية فيه قطر ١٢" والماسورة الفرعية فيه قطر ٦") .

ويجب مراعاة أن يصب حول المشتركات فى المواسير الرئيسية الكبير كتل من الخرسانة لتلافى الضغط العالى الناتج من تغيير اتجاه مسار المياه – وذلك أسوة بالكيعان.

المساوب Taper (شكل ١٢ - ٣٧) :

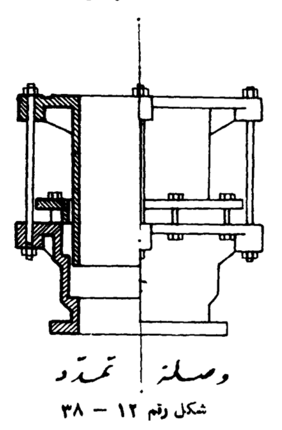
وهى وصلة خاصة الغرض منها توصيل ماسورة ذات قطر معين بماسورة ذات قطر أكبر أو أصغر منها - وطول المسلوب يتراوح ما بين ٩٠ ، ١٢٠ سنتيمتر .



شكل رقم ١٢ - ٣٧

وصلة تمدد Expansion Joint (شكل ١٢ - ٣٨) :

وهذه تستعمل فى المواسير الزهر أو الصلب إذا كانت مكشوفة معرضة للتقلبات الجوية وإذا تعدى طولها عشرين متراً . إذ أن عدم تواجدها يعرض الماسورة لعوامل التمدد أو التقلص مما يؤثر على لحامات الماسورة .



شكل رقم ١٢ - ٣٨

عدادات الميـاه Water meters :

والغرض منها قياس تصرفات المياه ، سواء كان ذلك من محطات الطلمبات أو محطات التنقية أو فى المواسير الرئيسية أو الفرعية أو على الوصلات المنزلية – وهناك أكثر من نوع من العدادات :

١ – عداد فنتورى (Venturi meter) :

وهو يستعمل على المواسير الرئيسية أو فى مخارج الطلمبات وفيه يسجل التصرف على ورق بيانى بلف بواسطة عداد زمنى وتحفظ هذه البيانية لرجوع اليها عند الحاجة لأغراض تصميم وحدات مستجدة فى محطات المياه).

وحساب التصرف فى عداد فنتورى : D_e^2

$$Q = C_d \frac{De2 \quad D_t^2}{4 \ (De\text{-}D_t)^4} \ 2 \sqrt{g \ H}$$

حيث Q = التصرف

De = قطر مدخل الفنتورى .

D_t = قطر مضيق الفنتورى

h = فرق ضغط الماء ما بين مدخل ومضيق الفنتورى .

C_d = معامل التحرف ويساوى ٠،٩٨ – ٠،٩٩

٢ – عداد ديكون (Deacon meter) :

ويستعمل هذا العداد على الفروع الرئيسية لبيان التصرف فيها وهو أيضاً يسجل التصرف على ورق بيانى يلف بواسطة عداد زمنى .

٣ — عدادات لفافة (Rotary meter) :

وهى على أنواع منها عداد التربين (Turbine) (عداد مروحة) fan عداد لولبى (spiral) .

٤ — عداد منزلى (House meter) :

وهو أصغر العدادات المستعملة ويستعمل على فروع التغذية للمنازل ويقرأ التصرف فى العداد بواسطة مؤشرات على واجهة العداد .

الضغوط والاجهادات فى المواسير

Stresses in pipes

تتعرض جدران مواسير شبكات توزيع المياه للاجهاد نتيجة لقوى الآتية المؤثرة عليها :

١ — الاجهاد نتيجة للضغوط الداخلية Internal pressure بسبب سير الماء فيها تحت ضغط لا يقل عن ٢٥ متر فى أقصى نقطة فى الشبكة .

٢ — ضغوط نتيجة تغير فى اتجاه سير الماء(change in direction) نتيجة لانحناء فى تخطيط الشبكة .

٣ — ضغط المطرقة المائية (Water hammer) وهو الضغط الناتج عن قفل صمامات الشبكة بسرعة أو فجأة .

٤ — ضغط نتيجة تعرض المواسير لتغير فى درجات الحرارة (Temperature stesses) .

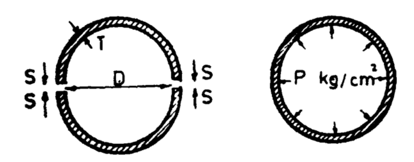
١ — الاجهاد نتيجة الضغط الداخلى للماء

وهذا يسبب تعرض جدران المواسير للشد (Tension stresses) الذى

يمكن تقديره بالمعادلة (شكل ١٢ - ٣٩) :

$$S = \frac{dP}{2t} = \frac{rP}{t}$$

حيث S = قوة الشد فى جدار الماسورة (كيلوجرام/سم٢)
d = قطر الماسورة بالسنتيمتر
p = الضغط الداخلى للماء (كيلوجرام/سم٢)
t = سمك جدار الماسورة بالسنتيمتر
r = نصف قطر الماسورة بالسنتيمتر



شكل رقم ١٢ - ٣٩

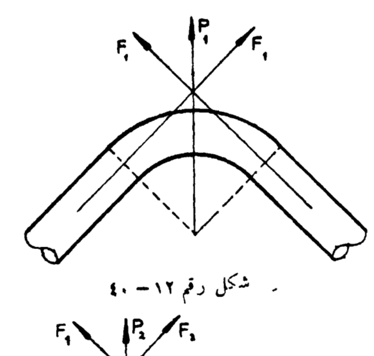
٢ - الاجهاد نتيجة تغير فى اتجاه الماسورة :

وهذا ينقسم إلى اجهاد نتيجة الضغط الداخلى للماء واجهاد نتيجة القوة الطاردة فى المركزية (centrifugal force) بسبب سير الماء فى الماسورة المنحنية (شكل ١٢ - ٤٠ ، ١٢ - ٤١) :

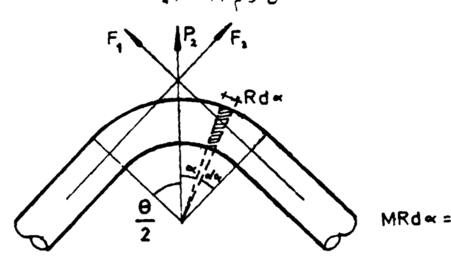
ويقدر الاجهاد نتيجة الضغط الداخلى للماء بالمعادلة :

$$P_1 = 2\ F_1 \sin\frac{\Theta}{2} = F_1 \sqrt{2\,(1 - \cos\Theta)}$$

$$F_1 = \frac{\pi\, d^2}{4}\, p$$



شكل رقم ١٢ – ٤٠



شكل رقم ١٢ – ٤١

كما يقدر الضغط نتيجة القوة الطاردة المركزية بالمعادلة الآتية :

$$P_2 = 2 \; M \; V_2 \; \text{Sin} \; \frac{\Theta}{2}$$

حيث P_1 = محصلة الضغط على كوع (منحنى) الماسورة . نتيجة الضغط الداخلى للماء فقط .

F_1 = الضغط الكلى الداخلى على مقطع الماسورة .

p = الضغط الداخلى للمياه فى الماسورة .

Θ = زاوية انحناء الماسورة .

d = قطر الماسورة .

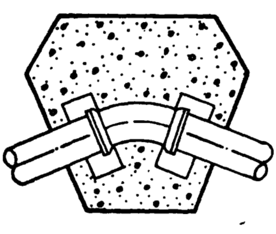
v = سرعة سير المياه فى الماسورة .

M = كتلة الماء المتحركة / الثانية .

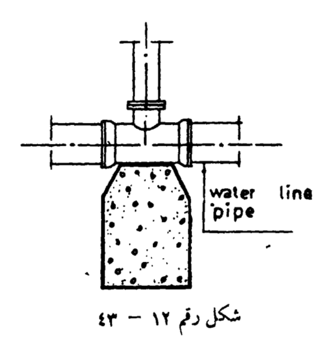
P_2 = محصلة الضغط على كوع (منحنى) الماسورة نتيجة حركة المياه بسرعة V فى الماسورة .

وبذلك يكون الضغط الكلى على المنحنى والذى قد يسبب حركة الكوع من مكانه = $P_1 + P_2$ ، هذا الضغط يجب أن يقاوم بصب خرسانة حول الكوع كما فى الشكل (١٢ -٤٢) كما يحسن أن يصب الخرسانة حول الوصلات والمسلوب فى شبكة المواسير لنفس الغرض (شكل ١٢ -٤٣ -١٢ -٤٤).

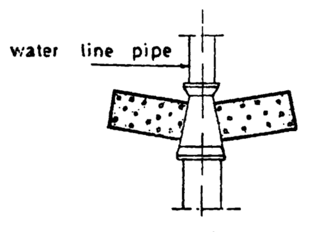
كما أن القوة الطاردة المركزية تسبب قوة شد على طرفى الكوع : $F_2 = MV^2$ - ولذلك يجب أن تصمم الوصلة بين الكـــوع والماسورة لتتحمل هذا الشد بالاضافة إلى الضغط $F_1 = p \frac{\pi d^2}{4}$ الناتج من تعرض الماء لضغط ثابت قدره p كيلوجرام/السنتيمتر المربع - دون أن يتأثر لحام الوصلة .



شكل رقم ١٢ - ٤٢



شكل رقم ١٢ - ٤٣



شكل رقم ١٢ - ٤٤

٣ - ضغط المطرقة المائية (Water hammer) :

وهذا الضغط ينتج من انخفاض مفاجيء فى سرعة سير المياه ، نتيجة لقفل صمام قفلا مفاجئا أو بسرعة كبيرة - إذ عند حدوث هذا القفل تتوالد موجة من التضاغط تسير بعكس اتجـــاه سير المياه وبسرعة V_w تقدر بالمعادلة الآتية :

$$V_w = 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{Kd}{Et}}}$$

أما النهاية العظمى للزيادة فى الضغط داخل الماسورة وقدره "P" فأنه يقدر من المعادلة :

$$P = \frac{v\ W\ V_w}{144\ g}$$

$$= \frac{4665}{144\ g}\ vW \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{Kd}{Et}}}$$

حيث V_w = سرعة موجة التضاغط داخل الماسورة .

W = وزن وحدة حجوم الماء .

E = معامل مرونة مادة الماسورة Modulus of Elasticity

K = معامل المرونة الحجمى للسائل .

Bulk maduluds of elasticity of fluid

d = قطر الماسورة .

t = سمك جدار الماسورة

g = عجلة الجاذبية الأرضية

v = سرعة الماء فى الماسورة

والزيادة الفعلية فى الضغط قد لا تصل إلى النهاية العظمى كما هو محسوبة بالمعادلة السابقة — ويتوقف هذا على الزمن الذى تستغرقه عملية قفل الصمام —

فاذا كانت المسافة بين الصمام ونقطة تفريغ الضغط (point of relief) هى L فأنه لكى تتعرض الماسورة للنهاية العظمى للضغط نتيجة للمطرقة المائية فان زمن قفل الصمام (Time of valve closure) يجب أن يساوى أو يقل عن الزمن الحرج « T_c » كما يتضح فى لمعادلة :

$$T_c = \frac{2 L}{V_w}$$

أما إذا زاد الزمن الذى يستغرقه قفل الصمام عن الزمن الحرج فان الضغط الفعلى للمطرقة المائية يقل عن النهاية العظمى المذكورة فى المعادلة السابقة بنسبة $\frac{T_c}{T_a}$

حيث T_c = الزمن الحرج لقفل الصمام .

T_a = الزمن الفعلى اقفل الصمام .

ويبن الجدول الآتى قيمة K/E للمواد المختلفة للمواسير .

المادة	K/E
مواسير الصلب	0.01
مواسير حديد زهر	0.02
مواسير خرسانة	0.1
مواسير خشبية	0.2

٤ – الضغوط نتيجة اختلاف درجات الحرارة :

وهذه ليست من الأهمية كغيرها من الضغوط نظراً لأن الغالبية العظمى من المواسير توضع تحت سطح الأرض حيث تبعد عن التغيرات الجوية فى درجات الحرارة – الا أنه فى بعض الأحوال مثل المواسير المؤدية إلى

الخزانات العالية ، فأن هذه المواسير تكون مكشوفة معرضة لهذه التغيرات ويقدر الاجهاد فى المواسير نتيجة التغير فى درجة الحرارة بالمعادلة :

$$S = E\ t\ C$$

حيث : S = الاجهاد فى الماسورة لاختلاف درجة الحرارة .

E = معامل مرونة مادة الماسورة .

t = الاختلاف فى درجات الحرارة

C = معامل التمدد لمادة الماسورة .

مثـال (١) :

فى الماسورة قطر ٢٠" والمنحنية بزاوية ٦٠° وبنصف قطر ٣٦" للمنحنى أوجد الضغط الكلى على كتلة الخرسانة الساندة للمنحنى إذا كان الضغط الداخلى على الماسورة ٥٠٠ رطل / البوصة المربعة وذلك فى الأحوال الآتيـة :

(آ) المياه فى حالة سكون (غير متحركة) .

(ب) المياه متحركة بسرعة ٣ قدم/الثانية .

الحـل :

$$P_1 = P \sqrt{2\,(1 - \cos \Theta)} \times \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= 500 \sqrt{2\,(1 - \cos 60)} \times \frac{3.14 \times 20^2}{4}$$

$$= 157000 \quad lb$$

$$P_2 = 2\ M\ V^2\ \sin \frac{\Theta}{2}$$

$$= 2A\ \frac{W}{g}\ V^2\ \sin \frac{\Theta}{2}$$

$$= 2 \times \frac{3.14}{4}\left(\frac{20}{12}\right)^2 \times \frac{62.4}{32} \times 30^2 \times \frac{1}{2}$$

$$= 38.4 \quad lb.$$

مثـال : فى المثال السابق إذا كان سمك جدار الماسورة نصف بوصة أوجد اجهاد الشد فى جدار الماسورة .

الحـل : الضغط على وحدة المساحات = $\frac{rp}{t}$

$$= \frac{10 \times 500}{0.5}$$

$$= 10{,}000 \quad lb/inch^2$$

since less than 12000 lb/inch²

∴ Safe.

مثـال : فى المثال السابق (١) أوجد قوة الشد على الوصلة بين الكوع والماسورة — وإذا كانت هذه الوصلة بطريقـة الأوجـه المتقابلة flanged ends ومثبتة بالمسامير . فأوجد عدد المسامير اللازمة إذا كان كل مسمار يتحمل شد قدره ٥٠٠٠ رطل .

$$F_1 = \frac{P_1}{2 \sin \frac{\Theta}{2}} \qquad P_1 = 157000 \quad lb$$

$$= \frac{157000}{2 \times 1/2} = 157000 \quad lb$$

$$F_2 = M \; V^2$$

$$= A \frac{W}{g} \; V^2$$

$$= \frac{3.14}{4} \times \left(\frac{20}{12}\right)^2 \frac{62.4}{32} \times 3^2$$

$$= 38.4 \quad lb.$$

$$\therefore F_1 + F_2 = 157038.4 \quad lb.$$

∴ عدد المسامير اللازمة لتثبيت الكوع فى الماسورة

$$32 = \frac{157038.4}{5000}$$

مثـال : فى المثال السابق (١) أوجد الزيادة فى الضغط داخل الماسورة نتيجة المطرقة المائية فى الحالات الآتية :

(آ) القفل المفاجىء للصمام .

(ب) زمن القفل مرة و نصف الزمن الحرج .

و ذلك إذا علم أن طول الماسورة بين الصمام و نقطة تفريغ الضغط ثلاثين قدم وأن قطر الماسورة ٢٠" وأن الماسورة من الحديد الزهر $(K/E = 0.02)$

الحـــل :

$$V_w = 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{Kd}{ET}}}$$

$$= 4665 \sqrt{\frac{1}{1 + 0.02 \times \frac{20}{0.5}}} = 3470$$

ا — $$P = \frac{v\ W\ V_w}{144\ g}$$

$$= \frac{3 \times 62.4 \times 3470}{144 \times 32.2} = 140 \quad lb/inch^2$$

ب — $$t_1 = 1.5 \quad t_c$$

$$\therefore P = 140 \times \frac{1}{1.5} = 93.4 \quad lb/inch^2$$

خزانات المياه

تزود أعمال توزيع المياه بالخزانات اللازمة والغرض منها :

(ا) بالنسبة لكمية الميـاه :

١ - مقاومة الحريق :

توفير كمية من المياه لسد احتياجات مقاومة الحرائق التى قد تنشب فجأة وفى هذه الصدد يكون التخزين على مناسيب عالية فى خزانات مرتفعة أكثر فائدة من الخزانات الأرضية إذ أن الخزانات العالية توفر ضغطاً للماء بالإضافة إلى تخزين كمية من الماء .

٢ - سد احتياجات التغير فى معدل الاستهلاك :

إذا أنه عند تشغيل محطة الطلمبات بمعدل ثابت طول اليـوم . فان الفائض من تصرف الطلمبات عن احتياجات المدينة فى المساء وفى الصباح الباكر يخزن فى الخزنات ، أما فى الوقت الذى يزيد فيه استهلاك المياه فى المدينة عن تصرف الطلمبات فان المياه التى سبق تخزينها تتصرف من الخزانات إلى المدينة لتعويض النقص فى تصرف الطلمبات .

٣ - التخزين للطوارىء :

والمقصود به تخزين كمية كافية من الماء لمواجهة احتمال حدوث خلل أو عطل غير منتظر فى وحدات التنقية أو الرفع .

(ب) بالنسبة لتوفير الضغط اللازم :

١ - الحد من التغير فى الضغط فى المناطق المختلفة من الشبكة نظراً لتغير معدل الاستهلاك .

٢ - خفض ضغط كاف فى المناطق البعيدة - إذ أن إقامة خزانات عالية لتخزين المياه فى المناطق البعيدة عن محطة الرفع العالى - يساعد على تحسين الضغط فى هذه المناطق البعيدة - كما أنه يمكن الحصول على نفس التحسين بانشاء محطات ضغط مساعدة (Booster Pumps) على طول خط الماسورة الرئيسية مع ما قد يستتبعه من إقامة خزانات أرضية .

٣ - تثبيت عامود الضغط الذى تعمل ضده طلمبات الضغط العالى وذلك يتم بانشاء خزانات عالية بالقرب من محطة الطلمبات وفى هذه الحالة يكون عامود الضغط الذى تعمل الطلمبات ضده يساوى ارتفاع الماء فى الحوض عن منسوب الطلمبات - وهو ما يكاد يكون ثابتاً مما يساعد على انتظام وزيادة كفاءة تشغيل محطات الطلمبات .

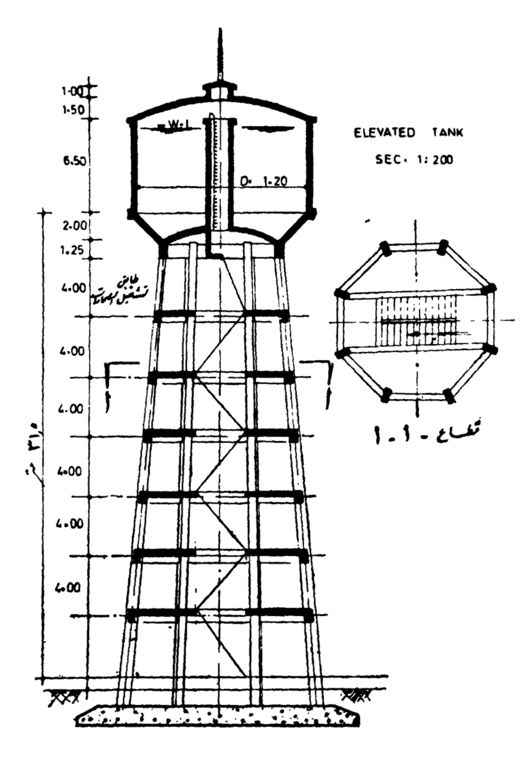
أنواع أحواض التخزين :

(أ) الخزانات الأرضية (Surface or ground Storage) :

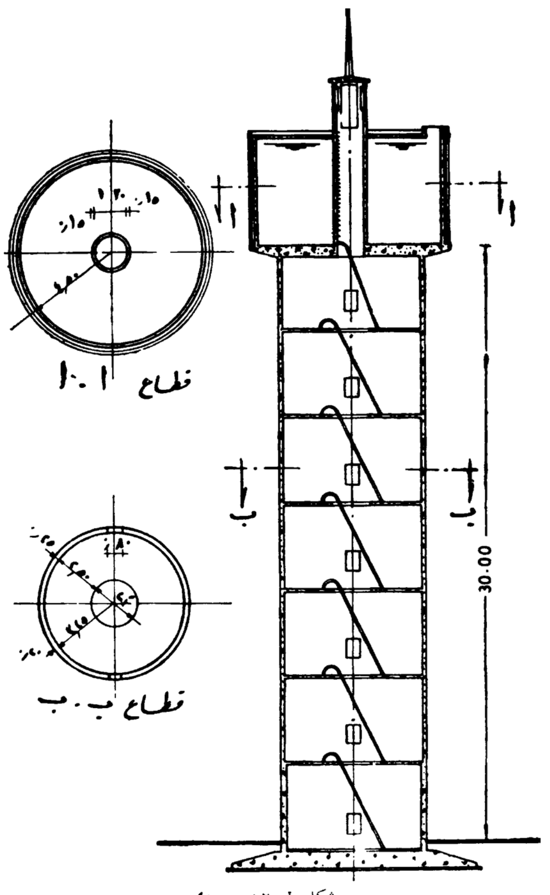
وهى خزانات تبنى على سطح الأرض مباشرة دون رفع للمياه فى الحوض وفى هذه الحالة توزع الخزانات فى أماكن مختلفة فى المدينة على أنه يلزم فى هذه الحالة انشاء طلمبات بجوار كل خزان لضخ الماء منه فى شبكة المواسير عند الحاجة .

(ب) خزانات عالية (Elevated Tanks) :

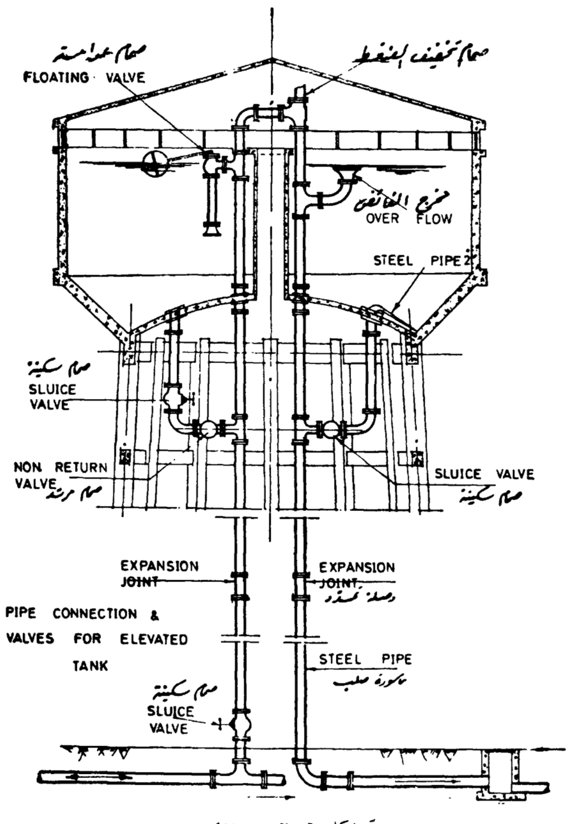
وهى خزانات من الخرسانة أو الصلب تبنى على ارتفاع عالى (شكل ١٢ - ٤٥ ، ١٢ - ٤٦) من سطح الأرض والغرض من بناء هذه الأحواض :


ELEVATED TANK
SEC. 1: 200
1.00
1.50
6.50
2.00
1.25
4.00
4.00
4.00
4.00
4.00
4.00
W.L
D. 1.20
طابق تشغيل المحابس
قطاع - ١ - ١

شكل رقم ١٢ — ٤٥



شكل رقم ١٢ — ٤٦


صمام عوامة
FLOATING VALVE
صمام تخفيف الضغط
مخرج الفائض
OVER FLOW
STEEL PIPE
صمام سكينة
SLUICE VALVE
NON RETURN VALVE
صمام مرتد
SLUICE VALVE
صمام سكينة
EXPANSION JOINT
EXPANSION JOINT
وصلة تمدد
PIPE CONNECTION & VALVES FOR ELEVATED TANK
STEEL PIPE
ماسورة صلب
صمام سكينة
SLUICE VALVE

شكل رقم ١٢ - ٤٧

١ - حفظ ضغط كاف فى شبكة المواسير .

٢ - تغذية المدينة بالمياه عندما يكون معدل تصرف الطلمبات أقل من معدل استهلاك المياه فى المدينة .

(ج) خزانات المياه المرشحة فى محطة التنقية (Clear water tank) :

والغرض منها استقبال المياه المرشحة تمهيداً لضخها عن طريق محطة الضغط العالى فى شبكة التوزيع وقد سبق شرح هذه الخزانات .

الخزانات العالية

وهذه من الوحدات الهامة فى أعمال توزيع المياه فى المدينة ونادراً ماتخلو مدينة من خزان عالى أو أكثر والخزان العالى عبارة عن خزان من الخرسانة أو الصلب مرفوع على أعمدة من الخرسانة أو الصلب كذلك على أن يكون المياه على منسوب يحفظ ضغطاً كافياً فى شبكة المواسير فى أقصى مكان فى المدينة . بحيث لا يقل عن الضغط الذى يسمح برفع المياه إلى الدور الرابع فى المنازل كما سبق ذكره - كما يجب أن تكون سعة هذا الخزان كافية لاستقبال الماء الزائد فى معدل تصرف طلمبات الضغط العالى عن معدل استهلاك المياه فى المدينة ليعود هذا الفائض إلى المدينة عندما يقل معدل تصرف طلمبات الضغط العالى عن معدل استهلاك المياه فى المدينة .

ويتصل الخزان العالى بشبكة التوزيع بواسطة ماسورة رأسية لتغذية الحوض بالماء وكذلك تغذية شبكة التوزيع بالماء من الحوض . مركب عليها الصمامات الآتية (شكل ١٢ - ٤٧) :

١ — صمام حجز (Sluice Valve) فى أسفل الماسورة يقفل عندما يراد حجز الماء عن الحوض للتنظيف أو الاصلاح .

٢ — صمام عوامة (Float Valve) على أعلى الماسورة حيث تدخل المياه إلى الحوض عندما يزيد معدل ضخ الطلمبات عن معدل استهلاك الماء فى المدينة والغرض من صمام العوامة هو تنظيم دخول الماء بحيث يقفل الصمام تماماً إذا ما وصل الماء فى الحوض إلى منسوب معين .

٣ — صمام مرتد (Non return valve) مركب على فرع ما بين الماسورة الراسية وقاع الخزان — هذا الصمام يسمح بخروج الماء من الحوض إلى الماسورة الرأسية (وليس بالعكس) عندما يزيد معدل استهلاك الماء فى المدينة عن معدل ضخ الطلمبات

٤ — صمام حجز (Sluice valve) مركب على نفس الفرع ويقفل عندما يراد إيقاف صرف الماء من الحوض إلى شبكة التوزيع عن طريق الماسورة الرأسية — كما هو الحال عند غسيل الحوض بعد اصلاحه .

كما يتصل الخزان عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى بماسورة العادم — بشبكة الصرف فى المدينة (Sewerage System) لامكان صرف المياه من الحوض بعد غسيله ، ومركب على هذه الماسورة الآتى :

١ — هدار مخزج للماء الفائض — والغرض منه خروج المياه الزائدة عن منسوب معين — عند حدوث خلل فى صمام العوامة السابق ذكره — وهذا الهدار موجود فى أعلى الماسورة .

٢ - صمام حجز مركب على فرع ما بين ماسورة العادم وقاع الخزان وهذا الصمام يبقى مقفولا ما دام الخزان مستعملا - ويفتح فقط لصرف الماء من الحوض عند غسيل الحوض .

٣ - كما تتصل الماسورتين الرأسيتين : ماسورة التغذية وماسورة العادم بواسطة فرع أفقى مركب عليه صمام أمن يفتح آليا إذا زاد الضغط فى الماسورة الرأسية المغذية عن حد معلوم (حوالى عشرة أمتار زيادة عن منسوب الماء فى الخزان) نتيجة مطرقة مائية أو تشغيل الطلمبات فجأة .

وكانتا الماسورتين الرأسيتين وفروعهما من الصلب ووصلاتها من نوع المواسير ذات الشفة المربوطة بمسامير ولما كانت هذه المواسير مكشوفة معرضة للتقلبات الجوية فأنه يجب أن يركب وصلة تمدد على كل منها حتى لا تتأثر الماسورة بأجهادات نتيجة اختلاف درجات الحرارة من وقت لآخر

كما يزود كل الخزان العالى بالتجهيزات الآتية :

١ - سلالم لامكان الوصول من منسوب الأرض إلى الخزان ولتشغيل الصمامات المختلفة على المواسير .

٢ - مشاية حول الخزان على أن يكون الجدار الخارجى للمشاية بارتفاع الخزان ومزود بالشبابيك اللازمة لاضاءة المشاية - على أن تتصل بالسلم المذكور أعلاه ومنها إلى سطح الخزان - كما أن الغرض من ارتفاع الجدار الخارجى لهذه المشاية هو حماية جدران الخزان من أشعة الشمس والتغيرات الكبيرة فى درجات الحرارة التى قد تؤدى إلى حدوث شروخ فى جسم الخزان خاصة إذا كان من الخرسانة المسلحة .

٣ - جهاز تبيان المنسوب Level Indicator : والغرض منه نقل البيانات الخاصة بمنسوب الماء فى الحوض إلى محطة الطلمبات لتنظيم تشغيل وحدات الطلمبات .

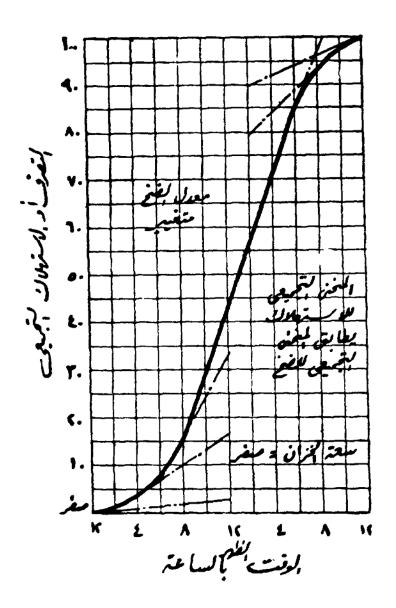
٤ - السقف : ويفضل دائماً تغطية للخزان العلوى بسقف من نفس مادة بناء الخزان وذلك بغية حماية الماء من التلوث من الأتربة فى الجو أو الحشرات أو فضلات الطيور .

سعة الخزان العلوى :

فى البلاد الصغيرة التى لا يتجاوز تعدادها مائة ألف شخص يبنى الخزان العلوى بحيث تكون سعته تساوى احتياجات المدينة مدة تتراوح بين ثمانية ساعات واثنى عشر ساعة وهو الوقت الذى قد تتوقف فيه محطة الطلمبات عن الضخ يومياً عند تشغيلها فترة النهار فقط وايقافها فى المساء .

أما فى البلاد الكبيرة التى يتراوح تعدادها بين مائة ألف شخص ونصف مليون شخص فيكتفى بأن تكون سعة الخزان مساوية لاحتياجات المدينة مدة تتراوح بين ساعتين وأربعة ساعات إذ أن فى هذه البلاد تعمل محطة الطلبات وكذلك محطة التنقية طول اليوم ٢٤ ساعة يومياً .

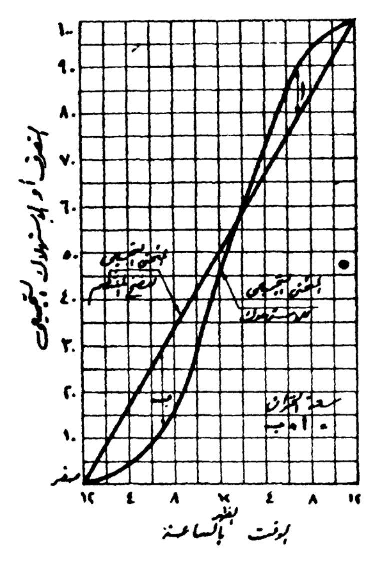
أما فى البلاد الأكبر من ذلك والتى يتعدى تعدادها مليون نفس فقد يستغنى كلية عن الخزان العلوى إذا توافرت قوة احتياطية من الطلمبات فى محطة الضغط العالى يمكنها أن تفى باحتياجات المدينة القصوى التى تحدث فى منتصف النهار فى أيام الصيف الحار - أى أن المضخات لن تشتغل بأقصى قوتها إلا فى فترات قليلة طول العام ولذلك فان مثل هذا النظام يعتبر أكثر تكاليفاً من المشروعات التى تشمل انشاء خزانات المياه العالية ولذلك فهو لا يتبع فى كثير من الأحوال (شكل ١٢ - ٤٨).



شكل رقم ١٢ — ٤٨

ولحساب سعة الخزان بدقة لابد من دراسة معدل استهلاك المدينة للمياه والتغيرات التي تحدث فيه من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ورسم منحنى تجميعي (Mass Curve) لهذا المعدل . كما يرسم على نفس الشكل منحنى التجميعي لضخ الطلمبات فاذا كان معدل الضخ منتظماً كان المنحنى التجميعي للضخ عبارة عن خط مستقيم (شكل ١٢ — ٤٩) أما إذا كان معدل الضخ متغير وكذلك في حالة عمل الطلمبات لساعات محدودة كل

يوم فيكون المنحنى التجميعي للضخ عبارة عن خط متكسر (شكل ١٢ – ٥١) ويلاحظ أن مجموع الاستهلاك الكلي للمياه لابد أن يكون للضخ الكلي للطلمبات سواء كان الضخ منتظما أو غير منتظم.



شكل رقم ١٢ — ٤٩

وفى حالة انتظام معدل الضخ يرسم خطين مماسين للمنحنى التجميعى للاستهلاك موازين للخط التجميعى للضخ وبذلك تكون المسافة الرأسية بين المماسين مساوية لسعة اللازمة للخزان العالى (شكل ١٢ – ٤٩).

أما فى حالة عدم انتظام معدل الضخ أو تشغيل الطلمبات ساعات محدودة فى اليوم فان مجموع أكبر بعدين رأسيين بين المنحنى التجميعى للضخ والاستهلاك (أحدهما واقع فوق منحنى الاستهلاك والآخر تحت منحنى الاستهلاك) يكون مساوية لسعة الخزان (شكل ١٢ – ٥٠ ، ١٢ – ٥١) .

اختيار مكان الخزان العالى : (Location of Elevateo tank) (شكل ١٢–٥٢)

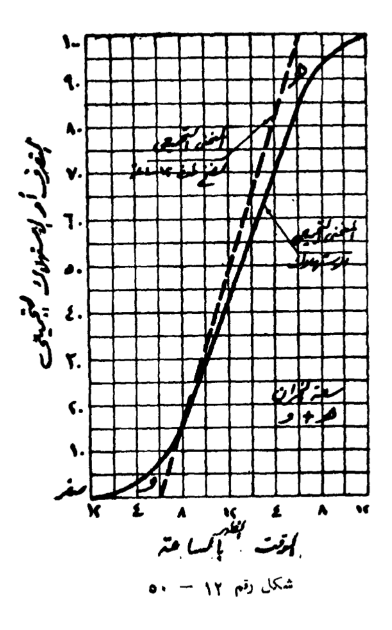
هناك أكثر من موقع للخزان العالى الذى يخدم مدينة ما :

١ – أن يكون فى موقع متوسط بالنسبة للمدينة ويمتاز هذا الاختيار بحفظ ضغط يكاد يكون ثابتا فى المواسير فى المدينة الا فى الجزء الواقع ما بين محطة الطلمبات والخزان العالى .

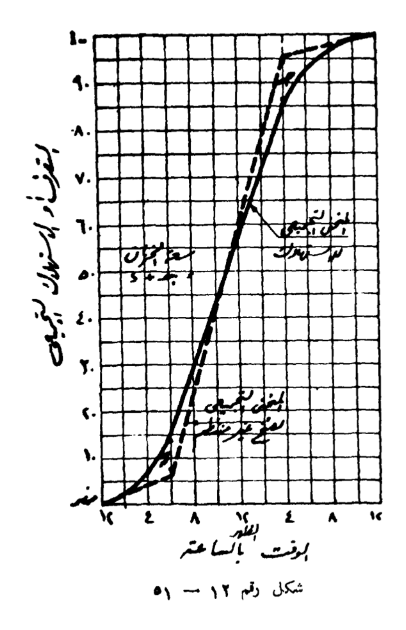
٢ – أن يكون الموقع فى الجانب الآخر للمدينة بالنسبة لمحطة الطلمبات وتتميز هذه الطريقة بامكان امداد المدينة بالمياه من جانبيها بالمياه عند زيادة الاستهلاك الا أن الضغط فى المواسير بالقرب من محطة الطلمبات يكون متغيراً تغيراً كبيراً فيكون أقصاه عند عمل الطلمبات – ويكون أدناه عند توقف الطلمبات وامداد المدينة بأكملها من الخزان العالى .

٣ – أن يكون الموقع بالقرب من محطة الطلمات : الا أن هذا الاختيار يعيبه لإرتفاع الضغط فى شبكة المواسير باستمرار بالقرب من الخزان وانخفاض الضغط باستمرار فى الجانب الآخر من لمدينة الأمر الذى قد يستلزم انشاء محطة ضغط مساعدة (Booster) .

٤ – بناء أكثر من خزان عالى فى المدينة – وهذا يستلزم دراسة أعمق لتوزيع استهلاك المياه فى المناطق المختلفة للمدينة – وكذلك يلزم دراسة ارتفاع هذه الخزانات وطريقة توصيلها مع بعضها وطريقة رفع المياه الى كل منها ونتيجة لهذه الدراسة يتبع احدى الطريقتين الآتيتين :



شكل رقم ١٢ — ٥٠



شكل رقم ١٢ — ٥١



شكل رقم ١٢ — ٥٢

(ا) ينشأ خزان عالى رئيسى بالقرب من محطة الطلمبات على أن تقسم المدينة إلى مناطق لكل منها خزان عالى فرعى يستمد مياهه من ماسورة رئيسية من الخزان الرئيسى مباشرة أو من خزان فرعى مجاور ويعيب هذه الطريقة تعرض الأجزاء الأولى للشبكة القريبة من الخزان العالى الرئيسى لضغوط عالية مما يستلزم استعمال مواسير مرتفعة الأثمان تتحمل هذه الضغوط العالية .

(ب) ينشأ مجموعة من الخزانات المستقلة عن بعضها على أن ينشأ بجوار كل خزان محطة طلمبات تسحب المياه من ماسورة المياه الرئيسية وترفعها إلى الخزان المجاور لها ــ ومن ثم تخرج المياه من الخزان لتغذية المنطقة المحيطة به ــ ويعيب هذه الطريقة :

١ ــ الماسورة الرئيسية لا تستعمل لتوزيع المياه فى المناطق مباشرة بل تستعمل فقط لتغذية الخزانات .

٢ ــ كثرة محطات الرفع المساعدة التى يصل مجموع قوتها إلى ما يزيد عن قوة المحطة الرئيسية للرفع .

٣ ــ ضرورة تواجد قوة محركة للطلمبات فى موقع الخزنات .

إلا أنها تتميز بالمزايا الآتية :

١ ــ تساوى ارتفاع الخزانات .

٢ ــ تساوى الضغط فى جميع أنحاء الشبكة .

٣ ــ استعمال مواسير خفيفة نتيجة لعدم تعرض الشبكة لضغط عالى :

توزيع المياه داخل المبانى

توصيل المياه للمبانى :

توصل المياه من أنابيب التوزيع العمومية (City main pipe) إلى المبانى بواسطة أفرع أو وصلات للتغذية (service pipe) يقوم بعملها عادة مرفق المياه على حساب المالك للمبنى وهى عبارة عن أنبوبة من الرصاص الثقيل أو الحديد توصل بأنبوبة التوزيع وتمتد إلى داخل سور المبنى أو الحائط الخارجى له .

وتوصل أنبوبة التغذية بانبوبة التوزيع العمومية بأحد الطرق الآتية :

١ – إذا كانت انبوبة التغذية من الرصاص كان التوصيل بواسطة لاكور يركب على أنبوبة التوزيع العمومية فى ثقب مقلوظ يثقب عادة فى سطحها العلوى عند عمل الوصلة ويحسن فى هذه الحالة أن تشكل أنبوبة التوصيل الرصاص على شكل منحنى رقبة الأوزة (Goose neck) حتى يكون الاتصال مرنا لتفادى أى كسر فى الماسورة إذا حدث هبوط فيها أو فى المبنى .

٢ – إذا كانت أنبوبة التغذية من الحديد فتعمل الوصلة بينها وبين أنبوبة التوزيع بواسطة نبل (nipple) يركب فى ثقب مقلوظ يعمل فى أنبوبة التوزيع ثم يركب عليه رقبة من الزهر تسمى (saddle) توضع تحتها حلقة من الكاوتش لمنع تسرب الماء وتثبت الرقبة فى مكانها بواسطة جلبة من الحديد تركب على النبل . ويلاحظ ان هذه الوصلة غير مرنة بعكس سابقتها التى تشكل فيها الماسورة على شكل رقبة الأوزة ، ولذا يحتمل حدوث كسر فى المواسير عند حدوث أى هبوط فى المبانى .

٣ لتلافى عيب الطريقة الثانية يمكن عمل وصلة من المواسير صاص بين أنبوبة التوزيع وأنبوبة التوصيل على أن تكون هذه الوصلة كل [illegible] هذه الأوزة وفى هذه الحالة يركب على ماسورة التوزيع لاكور [illegible] بالماسورة الرصاص المشكلة على شكل رقبة الأوزة بواسطة أنبوبة مصيرة وهذه تلحم فى رقبة الأوزة الموصل بالماسورة الحديد بواسطة اللحام أيضا وكلا اللحامين يعمل بالرصاص [illegible]

: قطع أنبوبة التوزيع العمومية وتركيب مشترك عليها ليتصل [illegible] الحديدية ويكاد يكون استعمال هذه الطريقة [illegible] على عمل وصلات حنفيات الحريق بالشوارع

ومواسير التوصيل يجب أن تكون [illegible] لتوصيل المياه [illegible] [illegible] ومن الممكن أن يوصل المنزل [illegible] فى تغذية كل منها تتصل بأنبوبة توزيع عمومية مخالفة عن الأخرى وبذلك ينعدم احتمال انقطاع الماء عن المنزل فى حالة تصليح أحد مواسير التوزيع وهذه الطريقة كبيرة التكاليف إذ يجب أن يركب على كل من ماسورتى التوصيل المحابس اللازمة حتى لا تمر المياه من أحد مواسير التوزيع إلى الأخرى خلال مواسير المنزل خاصة أثناء تصليح أحد مواسير التوزيع . وهذه الطريقة تنفع فقط عند وجود المنزل على مفترق طريقين أو أكثر .

ويركب على أنبوبة التغذية عادة محبسان أحدهما خارج المبنى فى الشارع داخل غرفة صغيرة أسفل رصيف الشارع أمام المنزل مباشرة وهذا المحبس خاص بمرفق المياه ويستعمل فى توصيل أو قطع الماء عن المالك [illegible] سداد ثمن ما يستهلكه [illegible] .

ويوضع المحبس الثانى على أنبوبة التوصيل بالقرب من العداد وهو خاص باستعمال المالك وبه يمكن حبس الماء عن المبنى عند اجراء إصلاح فى أنابيب التوزيع داخل المبنى أو عند تركيب فروع جديدة .

طرق توزيع المـــاء داخـــل المبـــانى :

يتم توزيع الماء إلى الأماكن المختلفة داخل المبانى بأحد الطرق الآتية :

١ – استخدام ضغط المياه فى أنابيب التوزيع العامة فى المدينة مباشرة .

٢ – بالانحدار الطبيعى وهى المعروفة بطريقة الخزان .

٣ – بالجمع بين الطريقتين السابقتين فى آن واحد للاستفادة من مزايا كل منها .

١ – طريقة استخدام ضغط المياه فى المدينة :

تعتمد هذه الطريقة على الضغط الموجود فى أنابيب التوزيع العمومية بالمدينة لتوصيل المياه إلى الأدوار المختلفة من المبنى – وكما ذكر قبلا تخرج أنبوبة التغذية من أنبوبة التوزيع متجهة إلى المبنى المراد إمداده بالمياه ويكون مركب عليها محبسان وعداد المياه . ويجب رقابة عداد المياه هذا بوضعه فى داخل غرفة صغيرة ذات غطاء يمكن رفعه لقراءة العداد إذا كان العداد مركبا على ماسورة التغذية وهى لاتزال تحت سطح الأرض أما إذا كان العداد مركبا على ماسورة التغذية بعد أن تظهر على سطح الأرض بجـــوار المبنى فيحسن أن يوضع فى دولاب داخل الحائط .

بعد هذا العداد تبدأ أنبوبة رأسية تعرف بالأنبـــوبة الصاعدة ترتفع إلى أعلى نقطة فى البناء يراد توصيل الماء إليها وتوخذ من الأنبوبة الصاعدة أنابيب فرعية أفقية قرب مستوى الأدوار المختلفة لتغذية الصنابير والأجهزة الصحية . ويشترط لنجاح هذه الطريقة أن يكون ضغط الماء كافياً ولا يقل عن ٢٥ متراً لرفعه إلى الدور الرابع على الأقل كما سبق ذكره .

وهذه الطريقة أبسط طرق التوزيع وأقلها تكاليفاً ولكنها قد تخلو من من عيوب أهمها .

١ — إذا كان الضغط فى الماسورة غير كافى تعذر وصول المياه إلى الدور العلوى خاصة فى الأوقات التى يشتد فيها السحب أى الطلب للمياه .

٢ — إذا كان الضغط فى الماسورة عالياً أصبحت أنابيب التغذية الداخلية ولحاماتها والحنفيات والمحابس عرضة للتلف السريع فتتسرب المياه منها ولعلاج هذه الحالة تستعمل محابس خاصة لتقليل الضغط قبل وصول المياه إلى أنابيب التوزيع

٣ — ويجب العناية فى هذه الطريقة بانتخاب أنابيب التوزيع والمحابس بحيث تتحمل علاوة على الضغط المستمر العادى الضغط الوقتى المفاجىء الناتج من قفل المحابس دفعة واحدة (Water hammer) والمواسير الحديد المجلفن تتحمل الضغط الكبير ولذا فهى أنسب فى مثل هذه الحالات من المواسير الرصاص التى يجب أن تكون النوع الثقيل إذا أريد استعمالها.

ولا تحتاج المبانى الصغيرة أكثر من أنبوبة صاعدة واحدة توخذ منها مباشرة الأنابيب الفرعية الأفقية إلى الاجهزة الصحية المختلفة فى المبنى .

أما فى المبانى الكبيرة فيحتاج الأمر إلى أكثر من أنبوبة صاعدة حسب مواقع الأدوات المياه والأجهزة الصحية

وتستعمل فى المبانى التى تحتوى على شقق كثيرة يراد تغذية كل شقة بعداد خاص طريقة البطاريات وفيها يكون عدد الأنابيب الصاعدة مساويا لعدد الشقق وتقسم إلى مجموعات حسب مواقع دورات مياه الشقق وتأخذ كل مجموعة من فرع تغذية أفقى يأخذ اتجاها رأسيا لنحو متر فوق سطح الأرض حيث ينتهى بالبطارية ومنها تبتدء الأنابيب الصاعدة التى تستمر رأسيا كل منها إلى الشقة التى تغذيها على أن يركب العداد عند بدء كل ماسورة صاعدة .

ولسهولة تمييز الأنابيب الصاعدة تعطى كل واحدة نمرة الشقة التى تغذيها على أن يركب على كل واحدة منها قبل العداد محبس لقطع المياه عن الشقة فى حالة اصلاح المواسير الداخلية فى الشقة أو حنفياتها أو أدواتها الصحية

٣ — طريقة الانحدار الطبيعى أو طريقة الخزان

وهى تختلف عن الطريقة السابقة فى أن أفرع التوزيع الأفقية لا تؤخذ من الأنبوبة الصاعدة مباشرة — بل تصعد هذه الأنبوبة بقطاع ثابت إلى أن تصب فى خزان يوضع عادة فى أعلى مكان فى سطح المبنى ويكون اتصال الانبوبة الصاعدة بالخزان بواسطة صمام عوامة يفتح عند انخفاض الماء فى الخزان عن منسوب معين ويقفل عند ارتفاع الماء .

ويؤخذ من أسفل الخزان أنبوبة توزيع رأسية تنزل إلى مستوى الدور الأرضى ومنها تؤخذ الأفرع الأفقية التى تغذى الشقق المختلفة وفى هذه الحالة يجرى الماء من الخزان إلى الصنابير بقوة الانحدار الطبيعى .

وبينما تزيد تكاليف هذه الطريقة عن الطريقة السابقة بقيمة الخزان تقريبا إلا أنها تمتاز عنها بالاتى :

١ - عندما يكون الضغط فى مواسير التوزيع عالياً فان الصنابير والمحابس فى الطريقة الثانية لا تكون عرضة للتلف بسرعة وذلك لعدم تعرضها للضغط الكبير الموجود فى مواسير المدينة . بل هى معرضة لضغط الماء الموجود فى الخزان فقط

٢ - عندما يكون الضغط فى المدينة متغيرا فان هذا التغير فى الضغط لا يؤثر فى كمية المياه المنصرفة من الصنابير طالما أنها تأخذ من الخزان .

٣ - فى هذه الطريقة - تخزن كمية من الماء يستمد منها السكان حاجاتهم عند الطوارىء عند الحاجة إلى إصلاح مواسير التوزيع فى الشوارع

٤ - أن ضغط الماء فى أنابيب التوزيع داخل المبنى يكون ثابتاً .

٥ - عدم تأثير الأدوار العليا بفتح صنابير الأدوار السفلى .

٣ - طريقة الجمع بين الطريقتين السابقتين:

ان أفضل طريقة لتوزيع المياه فى المبنى هى أن يوضع خزان للمياه فى أعلى المبنى تؤخذ منه انبوبة نازلة تغذى جميع الأفرع المتصلة بالأجهزة الصحية . أما مياه الشرب أو المياه اللازمة للمطابخ فتؤخذ من أنبوبة صاعدة مباشرة ولهذه الطريقة ميزتان .

١ - تخزين كمية كافية من الماء لتنظيف الأدوات الصحية (المراحيض وغيرها) عند حبس الماء عن المبنى بسبب اصلاح فى أنابيب التوزيع فى الشوارع :

٢ - تقليل خطر تلويث ماء الشرب عن طريق الأدوات الصحية .
ذلك أنه عند قطع الماء عن أنبوبة التوزيع فى الشارع لأمر ما يخف الضغط داخلها فيتسرب إليها الماء من الأنابيب الصاعدة فى المبانى . فإذا كانت الأدوات الصحية فى هذه المبانى تأخذ ماءها من الأنابيب الصاعدة مباشرة أصبح من المحتمل تلويث هذه الأنابيب الصاعدة وأنابيب التوزيع فى الشارع بالمواد التى قد تتسرب إليها من الأدوات الصحية - وعند إعادة فتح الماء فى أنبوبة التوزيع فى الشارع ينتقل التلويث إلى المبانى المجاورة وقد تحتوى مواد التلويث على جراثيم أمراض فينتشر المرض عن هذا الطريق بينما يكون الماء أصلا خالياً من الجراثيم .

الشروط الواجب مراعاتها عند اختيار مواضع أنابيب التوزيع الداخلية :

١ - تنتخب أماكن الأنابيب بحيث يسهل دائما الوصول إليها لاصلاحها عند الحاجة وخصوصا الأنابيب الرئيسية - كما يراعى الاقتصاد فى الأنابيب فينتخب لها اقصر الطرق وأبسطها .

٢ - توضع المحابس فى أماكن ظاهرة على جميع الأنابيب الرئيسية والأفرع الهامة وتنتخب أماكنها بحيث يمكن بواسطتها قطع الماء عن أى جزء معين من المبنى دون أن يؤثر ذلك فى بقية الأجزاء .

٣ - توضع الأنابيب بحيث تميل نحو نقطة معينة أو أكثر بحيث يمكن تفريغ جميع أنابيب الماء عند الحاجة من صمام أو أكثر فى الدور الأرضى كما أن هذا الميل يساعد على سهولة طرد الهواء عند اعادة ملئها بالماء .

٤ — عند تعيين مواضع الأنابيب الصاعدة يراعى تجنب الحوائط الخارجية المعرضة كثيرا للتقلبات الجوية حتى لا تتأثر درجة الحرارة الماء فى الأنابيب تأثيرا كبيرا ولا يكون تمدد وانكماش الأنابيب كبيرا .

٥ — تثبت أنابيب التوزيع فى الحوائط والاسقف بواسطة اقفزة أو حوامل تترك للانابيب حرية الحركة فى اتجاه طولها كما توضع فى الأنابيب الطويلة وصلات تمدد تسمح لهذه الأنابيب بالتمدد والانكماش دون أن تتعرض للتلف خاصة إذا كانت هذه المواسير تستعمل لامداد المبنى بالمياه الساخنة .

حساب أنابيب التـــــوزيع :

من المعلوم أن الماء بجريانه فى المواسير سواء كانت شبكة توزيع المدينة أو شبكة التوزيع الداخلية فى المنزل يفقد جزءا كبيرا من ضغطه فى التغلب على مقاومة احتكاكه بجدران المواسير ويجب أن يكون الضغط فى المواسير كافياً لايصال المياه إلى أدوار المنازل العليا كما ذكر قبل ذلك

فى حالة المدن يكون الضغط ناتجا من قوة الطلمبات التى تدفع الماء من محطة التنقية فى مواسير التوزيع فى الشوارع أو ناتجا من ارتفاع الماء فى خزانات الماء العالية (Water tower) حسب اتجـــاه سير المياه وتتبع طرق تقريبية بسيطة تعطى نتائج حسنة فى المبانى الصغيرة والأفرع ولكنها تعطى نتائج أكبر من اللازم بنحو ٢٠٪ أو ٤٠٪ فى المبانى المتوسطة أو الكبيرة .

وتعتمد هذه الطريقة على مقدار تصرف الحنفيات المختلفة أو كميات المياه اللازمة للاجهزة الصحية وعلى مقارنة الأنابيب المختلفة الأقطار .

والجدول رقم ١١- ٣ يبين معدل كمية الماء اللازم لتغذية عدد من الأجهزة الصحية (من ١ إلى ٢٤ جهازا) وأقطار الأنابيب التي يمكن بها امداد الأجهزة بهذا المعدل كما يبين الجدول رقم ١١ ٤ عدد الأنابيب من قطر نصف بوصة يعادل تصرفها مجتمعة تصرف أنبوبة واحدة من قطر أكبر — وبواسطة هذين الجدولين يمكن حساب أنابيب التوزيع في المباني .

ويلاحظ في الجدول ١١ ٣ أن كمية الماء تقل نسبيا كلما زاد عدد الأجهزة الصحية وذلك لأنه كلما كثر عدد الأجهزة قل احتمال استعمالها جميعاً في وقت واحـــد .

طريقـة الحساب .

ولبيان طريقة الحساب نحل الأمثلة الآتية

مثـال : ١ — المطلوب معرفة قطر الأنبوبة اللازمة لإمداد دورة مياه عمومية مكونة من ٨ مراحيض و ١٢ مبولة و ٤ أحواض لغسيل الأيادى .

الحـــل : من الجدول رقم ١١ - ٣ نجد أن :

٨ مراحيض تحتاج إلى أنبوبة قطر $1\frac{1}{4}$"

١٢ مبولة تحتاج إلى أنبوبة قطر $1\frac{1}{4}$"

٤ حوض غسيل تحتاج إلى أنبوبة قطرها $\frac{3}{4}$"

جـــدول رقم ١١ - ٤

يبين معدل كمية المياه اللازمة للأجهزة الصحية وأقطار الأنابيب التى يمكنها إمداد هذه الأجهزة .

البيـــان	عدد الأجهزة ١	٢	٤	٨	٠	١٦	٢٤
١ – مراحيض :							
صرف الدفعة	٣٢	٦٤	٩٦	١٩٢	٢٤٠	٣٢٠	٣٨٤
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	,٥٠	٣ ٤	١	١,٢٥	١,٥٠	١,٥٠	٢
٢ – مبـــاول :							
صرف الدفعة	٢٤	٤٨	٨٠	١٣٠	١٦٨	٢٢٤	٢٨٨
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	,٥٠	٣ ٤	١	١	١,٢٥	١,٢٥	١,٥٠
٣ – أحواض غسيل أيدى :							
صرف الدفعة	١٦	٣٢	٤٨	٩٦	١٠٠	١٦٠	١٩٢
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	,٥٠	,٥٠	٣ ٤	١	١	١,٢٥	١,٢٥
٤ – أحواض حمام بانيو :							
صرف الدفعة	٦٠	١٢٠	١٦٠	٣٢٠	٣١٤	٤٤٨	٥٧٦
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	٣ ٤	١	١,٢٥	١,٥٠	٢	٢	٢
٥ – حمامات دش :							
صرف الدفعة	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦	٣٨٤	٥١٢	٧٦٨
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	,٥٠	٣,٤	١	١,٥٠	٢	٢	٢,٥٠
٦ – أحواض غسيل أوانى : أو أحواض معامل :							
صرف الدفعة	٦٠	١٠٠	١٦٠	٢٥٦	٣٣٦	٣٨٤	٤٨٠
قطر الأنبوبة اللازمة بالبوصة	٣/٤	١	١,٢٥	١,٥٠	,٥٠	٢	٢

قطر الماسوره (بوصه) ½ ¾ ١ ١¼ ١½

ولكن من الجدول رقم ١١ - ٤ نجد أن :

ماسورة قطرها ١ ¼" يعادل تصرفها ٧,٢ ماسورة قطر ½"

ماسورة قطر ¾" يعادل تصرفها ٢ ماسورة قطر ½"

∴ تكون عدد المواسير قطر ½" اللازمة لإمداد الدورة هو :
٧,٢ + ٧,٢ + ٢ = ١٦,٤ ماسورة .

وبديهى أنه من غير المعقول أن تستعمل مثل هذا العدد من المواسير قطر ½" ولكن تستعمل ماسورة أكبر يعادل تصرفها هذا العدد من مواسير ½" وباستعمال جدول ٢ نجد أن :

ماسورة قطر ١ ½" يعادل تصرفها عدد ١١ أنبوبة قطر ½"

ماسورة قطر ٢" يعادل تصرفها عدد ٢٠ أنبوبة قطر ½"

فنأخذ الأنبوبة الأكبر أى الانبوبة قطر ٢"

مثال ٢ : المطلوب : قطر الأنبوبة الصاعدة التى تلزم فيلا متوسطة الحجم تحتوى على غرفتين للحمام بكل منها حوض حمام ومرحاض وحوض غسيل أيدى ومطبخ به حوض لغسيل الآنية .

الحل : يلاحظ فى هذا المثال أن غرف الحمام تحتوى على أكثر من قطعة من الأجهزة الصحية ولكن من البديهى أن واحد منها فقط هو الذى يستعمل كلما دخل شخص الحمام . أى يستبعد أن يستعمل جهازين صحيين فى حمام واحد فى نفس الوقت . لذا تعتبر غرفة الحمام كأنها جهاز صحى واحد عند حساب أقطار المواسير الصاعدة - وعلى ذلك تكون الأدوات الموجودة فى الفيلا هى :

عدد ٢ حوض حمام و ٢ مرحاض و ٢ حوض غسيل آنية ، و ٢ حوض غسيل أيدى .

ومن الجدول رقم ١١ – ٣ نجد أن :

عدد ٢ حوض حمام تحتاج إلى ماسورة قطر ١"

عدد ٢ مرحاض حمام تحتاج إلى ماسورة قطر ٣/٤"

عدد ٢ حوض غسيل أيدى تحتاج إلى ماسورة قطر ١/٢"

عدد ٢ حوض غسيل آنية تحتاج إلى ماسورة قطر ١ .

وفى نفس الوقت نجد أن جدول ٢ :

تصرف أنبوبة قطر ١" يعادل ٣,٧ أنبوبة قطر ١/٢"

تصرف أنبوبة قطر ٣/٤ يعادل ٢ أنبوبة قطر ١/٢"

فيكون مجموع الأدوات التى بالفيلا تحتاج إلى ماسورة تصرفها يساوى تصرف عدد :

٣,٧ + ٢ + ١ + ٣,٧ = ١٠,٤ ماسورة قطر ١/٢"

وبالرجوع إلى جدول ١١ ٤ نجد أن ماسورة قطر ١ ١/٢" يعادل تصرفها ١١ ماسورة قطر ١/٢"

مثـال ٣ : عمارة سكنية مكونة من أربعة أدوار بكل دور شقتين وتحتوى كل شقة على غرفة حمام و مرحاض منفصل وحوض لغسيل الأيدى وحوض غسيل الآنية .

والمطلوب : حساب قطر الانبوبة الصاعدة للعمارة وقطر الفرع اللازم لكل شقة على حدة

الحل : الأدوات الصحية التى بالعمارة هى كالآتى ، كما نجد من الجدول ١١ ٣ أنها تحتاج إلى المواسير المبينة أمام كل منها :—

٨ حوض حمام (بغرف الحمام) تحتاج إلى أنبوبة قطر ١½"

٨ مرحاض » » » » » » ١¼.

٨ حوض غسيل أيدى » » » » » ١"

٨ حوض غسيل آنية » » » » ١½"

ومن الجدول رقم ٢ نجد أن :—

تصرف أنبوبة قطر ١½" يعادل تصرف ١١ أنبوبة قطر ½" .

تصرف أنبوبة قطر ١¼" يعادل تصرف ٧,٢ أنبوبة قطر ½"

تصرف أنبوبة قطر ١" يعادل تصرف ٣,٧ أنبوبة قطر ½"

فيكون مجموع الأدوات التى بالعمارة تحتاج لإمدادها بالماء إلى أنبوبة يعادل تصرفها تصرف عدد ١١ + ٧,٢ + ٣,٧ + ١١ = ١٢,٩ ماسورة قطر ½".

وباستعمال جداول رقم ١١ ٤ نجد أن الماسورة قطر ١½" هى الأنبوبة التى تعادل ١١ ماسورة قطر ½" ولكن ممكن التغاضى عن هذا الفرض البسيط بسبب عدم احتمال استعمال جميع أدوات العمارة فى وقت واحد ، وكذلك بسبب أن هذه الطريقة للحساب فى هذه الحالة تعطى أقطار أكبر بقليل من اللازم كما ذكر قبلا .

ولحساب الأفرع اللازمة للشقق نجرى الحساب بنفس الطريقة السابقة :—

فى كل شقة يوجد :— حوض حمام يحتاج إلى ماسورة قطر ¾"

مرحاض يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{1}{2}$"

حوض غسيل أيدى يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{1}{2}$"

حوض غسيل آنية يحتاج إلى ماسورة قطر $\frac{3}{4}$"

وبالرجوع إلى جدول ١١ ـ ٤ نجد أن الماسورة قطر $\frac{3}{4}$" تعادل ماسورتين قطر $\frac{1}{2}$" .

∴ يكون الأربع مواسير المذكوره أعلاه تعادل ٦ ستة مواسير قطر $\frac{1}{2}$" وبالرجوع إلى جدول ١١ـ٤ نجد أن ماسوره قطر $1\frac{1}{4}$" بوصة تعادل ٧,٢ ماسورة قطر $\frac{1}{2}$" وبذلك يكون قطر الفرع المطلوب هو $1\frac{1}{4}$".

أما أفرع التوصيل التى تغذى المبانى بالمياه من أنابيب التوزيع فى الشارع فيختلف أقطارها باختلاف طولها ومقدار ضغط الماء فى أنابيب التوزيع ونوع المبنى الذى تمده بالماء.

والآن وقد وصلنا إلى نهاية المواسير التى توصل الماء إلى مختلف الأجهزة الصحية يجب علينا أن نلاحظ عند تركيب الصنابير على نهاية هذه المواسير أن تكون موضوعة موضعا لا يسمح بال Back Siphonage .

وهذه الظاهرة تنتج إذا وضعت فوهة الصنابير تحت منسوب حافة حوض غسيل . والضرر من هذا ينتج إذا سدت ماسورة تصريف الحوض وامتلاء الحوض نتيجة لذلك فاذا انخفض الضغط فى ماسورة المياه المغذية لهذا الحوض نتيجة لقفل المحبس العمومى للمنزل وفتح الصنبور فى الأدوار السفلى أو يحدث عندما يشتد السحب فجاءة فى الشارع نتيجة لحريق أو خلافه . عندئذ تنضغط المياه الموجودة فى الحوض المسدود داخل الصنبور الخاص به وينتج عن هذا

تلوث للمياه الموجودة فى المواسير فى المنزل وربما مواسير التوزيع الموجودة فى الشارع - ولذا يجب أن تكون فتحة الصنابير فوق حافة الحوض .

الصمامات والمحابس والحنفيات .

ان كل شبكة مواسير خاصة بتوزيع الماء داخل المبانى لابد وأن تحتوى عددا كبيرا من الصمامات والمحابس لتنظيم استعمال المياه وتنظيم تصرفها وضغطها إما يدويا أو أوتوماتيكيا — وتستعمل المحابس لايقاف الماء عن المرور فى أنابيب التوزيع عند اجراء أى اصلاح أو تغيير فى الأجهزة الصحية أو الأنابيب دون حبس الماء عن البناء بأكمله وهى لذلك توضع فى المواضع التالية :

أ - على أنبوبة التوزيع الخارجة من الخزان العلوى (كما سبق ذكره) .

ب — على جميع الأفرع الرئيسية المؤدية إلى مجموعة من الأجهزة الصحية أو إلى شقق مستقلة .

ج - عند كل جهاز صحى خاصة صناديق الطرد .

أما الحنفيات أو الصنابير فهى توضع فى نهاية مواسير التوزيع داخل المبنى وهى كثيرة الأنواع تصنـــع بأشكال انسيابية تتناسب مع المكان المستعملة به .

وتصنع المحابس والحنفيات من النحاس الأصفر وسبائك المدافع والبرونز وتصقل جيدا من الخارج بالنيكل أو الكروم كما قد تصنع من سبائك بيضاء يدخل فى تركيبها النيكل والفضة — ويجب أن تصنع المحابس والصنابير لتتحمل ضغطا قدره ٢٥ كيلو جرام/سم^2 .

أنابيب التوزيع فى المبنى وطرق قطعها ولحامها :

أ — مواسير الرصاص :— تقطع مواسير الرصاص بالمنشار — أما أكثر الطرق شيوعا لثنى مواسير الرصاص فهى طريقة الرمل — وفيها تملأ الأنبوبة بعد تسخينها بالرمل الجاف ثم يسد طرفيها جيدا بقطعتين أسطوانتين من الخشب وللتأكد من جفـــاف الرمل يحسن تسخينه قبل وضعه فى الأنبوبة ويجب أن تتم عملية الثنى والأنبوبة ساخنـــة حتى لا تتفتح جدرانها . والغرض من ملء الأنابيب بالرمل هو حفظ استدارتها من الانبعاج .

ويتم توصيـــل مواسير الرصاص باللحـام بالقصدير أو اللحام بالراكورات (Unions) .

اللحام بالقصدير . — وهذه الطريقة هى أكثر الطرق قوة نظرا لتغليف الانبوبتين عند موضع اتصالها ولمسافة على الجانبين بغلاف سميك من معدن اللحـــــام فضلا عن حسن منظرها وتسمى هذه الوصلة (Wiped joint) — والمادة المستعملة فى لحام أنابيب الرصاص هى الرصاص والقصدير بنسبة ٢ : ١ وان كان بعض الصناع يفضلون زيادة [illegible] .

وصلة الـ Union : — وهذه الطريقة أسهل من اللحام بالقصدير ولا تحتاج إلى مهارة فى عملها — . وهى تستعمل كذلك فى المواسير النحاس وهذه الوصلة متينة إلا أن تكاليفها كثيرة .

مواسير الحـــديد :

تعمل وصلات الأنابيب الحديد بواسطة قطع من نفس المعدن على أشكال مختلفة وهى مقلوظة من الداخل ولعمل الوصلات تقلوظ أطراف

أنابيب من الخارج بواسطة أجهزة خاصة — ثم يدهن القلاووظ بالبوية العادية أو مركب خاص لهذه الوصلات يسمى Pipe joint compound وذلك لمنع تسرب المياه فى الوصلة — ولزيادة فى الاحتياط يلف الطرف المقلوظ بخيط رفيع من حبل الكتان لملء ما بين القلاوظ — ويجب يبتدى لف الخيط من الداخل متجها إلى طرف الماسورة وبذلك يكون اللف فى نفس الاتجاه الذى ستلفه الماسورة داخل الوصلة أو الكوع — ويحسن بعد ذلك أن يدهن الخيط وهو فى مكانه على القلاوظ بقليل من البوية حتى يبقى فى مكانه — ثم بعد ذلك تلف الماسورة داخل الوصلة باليد ثم بزرادية خاصة (Pipe Wrench) حتى تصير الوصلة محكمة .

وتقطع المواسير الحديد إما بمنشار عادى (Hack Saw) أو سكينة خاصة وتفضل السكينة الخاصة على المنشار لامكان ضبط القطع بها عموديا على طول الأنبوبة وتختلف السكاكين القاطعة فى عدد الأسلحة فى كل منها ويلاحظ أنه ينتج عند القطع رايش فى حافة الماسورة وهذا لابد من ازالته عند استعمال الماسورة أو عمل قلاوظ فى الطرف المقطوع .

الباب الثالث عشر

أعمال الصرف الصحي للمخلفات السائلة

مقـدمة

أعمال الصرف الصحى هى الأعمال التى تهدف إلى التخلص من المخلفات السائلة ، فى المدينة بطريقة صحية سليمة ، أما المخلفات السائلة Sewage فهى المياه المستعملة فى مختلف الأغراض فى المدينة بما تحويه - نتيجة استعمالها - من فضلات عالقة أو ذائبة .

ويعتبر الصرف الصحى للمخلفات السائلة من أهم العمليات اللازمة لضمان توفر البيئة الصالحة للأفراد والأسرة فى كل من المجتمعات الريفية والحضرية ويجب أن يتم ذلك بطريقة هندسية مناسبة وفقاً للأسس الفنية العلمية المقررة والمتفقة مع مقومات الصحة العامة ومقتضيات الأمن والسلامة وكذلك الأسس الاقتصادية .

والمصادر الرئيسية لهذه المخلفات السائلة فى مدينة ماهى :-

١ - المخلفات السائلة المنزلية (House wastes) :

وهذه تشمل المياه المستعملة فى الحمامات والمطابخ والغسيل - وهذه فى مجموعها تشتمل على بقايا الصابون ، والنشا ، والسكر والأملاح والأتربة والخضروات والأطعمة والمخلفات الآدمية .

٢ - مياه الأمطار (Rain or storm water) :

وهذه تجـــد طريقها إلى شبكة مواسير الصرف عن طريق بالوعات الشوارع حاملة معها بعض المواد العالقة مما قد تجده أمامها على الأسطح والشوارع و الطرقات .

٣ - مياه غسيل الشوارع :

وهذه تصرف فى البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق مما تجده أمامها فى الطرقات .

٤ — المخلفات الصناعية (Industrial wastes) :

وهذه تشمل المياه المتخلفة عن المصانع المختلفة فى المدينة وهى تختلف فى كمياتها وفى محتوياتها من مصنع لآخر ، فبينما نجد المياه المستعملة فى التبريد تكاد تكون خالية من الشوائب نجد أن المخلفات الناتجة عن صناعة الورق مثلا تحوى على تركيز عالى جداً للمواد العالقة والذائبة عضوية كانت أو غير عضوية .

٥ — مياه الرشح (Infiltration water) :

وهى المياه الجوفية التى قد تدخل إلى مواسير الصرف خلال الوصلات الغير متقنة أو خلال جسم الماسورة نفسها إذا كان مسامياً .

والاسباب التى تدعو للقيام باعمال الصرف الصحى بالرغم من تكاليفها العالية هى :

١ — المحافظة على الصحة العامة فى المدينة ، إذ أن المخلفات السائلة إذا لم تجمع ويتخلص منها بطريقة سليمة قد تؤدى إلى تلوث مصادر مياه المدينة مما ينتج عنه انتشار للأمراض مثل التيفويد والكوليرا ... وبقية الأمراض التى تنقلها المياه الملوثة .

٢ — العمل على راحة السكان والمحافظة على ممتلكاتهم ، إذ أن فى تجميع مياه المجارى بطريقة غير سليمة أو فى القاء مسئولية التخلص من هذه المخلفات على السكان ، إقلاق للراحة وازعاج للسكان واضرار بممتلكاتهم ومصالحهم .

٣ — حماية المبانى والمنشآت واطالة عمرها الاعتبارى والمحافظة على سلامة الأساسات .

٤ — حماية مجارى المياه ومصادر المياه الجوفية من التلوث بالجراثيم والطفيليات .

واعمال الصرف الصحى فى المدينة يمكن تقسيمها الى ثلاثة اجزاء رئيسية:

١ — أعمال تجميع المخلفات السائلة (Collection works) :

والغرض منها تجميع المخلفات السائلة من المنازل والمصانع ومصادرها الأخرى وتركيزها فى نقطة واحدة ومنهـا ترفع إلى أعمال المعالجـة (Treatment Works) أو التخلص منها مباشرة .

ونظراً لأن المخلفات السائلة فى الحقيقة لا تحتوى على أكثر من واحد فى الألف من المواد الصلبة الذائبة أو العالقة فى الماء فان تجميع هذه المخلفات يتم بواسطة شبكة من المواسير تسير فيها الماء بما فيها من مواد بالانحدار الطبيعى (gravity) تبعاً لقوانين الهيدروليكا المعروفة .

وتسير هذه الشبكة حيث تصب المواسير الصغرى فى مواسير أكبر منها وهكذا حتى تصب فى النهاية مجمعات رئيسية (collectors) التى تؤدى إلى محطات الرفع التى ترفع المخلفات السائلة وتدفعها فى مواسير ملتحمة تحت ضغط حتى محطة المعالجة — وهذه المواسير الملتحمة التى تسير فيها المياه تحت ضغط تعرف بالماسورة الصاعدة .

وبهذا يمكن تقسيم اعمال تجميع المخلفات السائلة الى :—

١ — شبكة المواسير بالإنحدار الطبيعى (Gravity System) .

٢ — محطة الرفع (Pumping Station) .

٣ — الماسورة الصاعدة (Rising Main) .

٢ — أعمال معالجة المخلفات السائلة (Treatment works) :

والغرض منها معالجة هذه المخلفات للحد من الأضرار التى قد تنتج منها للصحة العامة أو إقلاق للسكان . وتتوقف طرق المعالجة على مدى التنقية المراد الوصول إليه وبالتالى على طريقة التخلص من هذه المخلفات بعد معالجتها .

وتشمل اعمال المعالجة :-

(ا) عمليات فصل الرواسب عن السوائل .

١ - المصافى (Screens) .
٢ - أحواض كشط الزيوت والمواد الدهنية (Skimming tanks)
٣ - حجز الرمال والمواد غير عضوية (Grit Removal tanks) .
٤ - الترسيب الابتدائى (Primary Settling tanks) .
٥ - الترسيب الكيماوى (Chemical Precipitation) .

(ب) معالجة السوائل بعد فصل الجزء الأكبر من الرواسب عنها :

١ - المرشحات الرملية (Sand filters) .
٢ - حقول البكتيريا (Contact beds) .
٣ - مرشحات الزلط (Trickling filters) .
٤ - أحواض الحمأة المنشطة (Activated Sluudge tanks) .
٥ - أحواض الترسيب النهائية (Final Settling tanks) .
٦ - التطهير بالكلور (Disinfection or chlorination) .

(ج) معالجة الرواسب بعد فصلها من السوائل :

١ - أحواض تخمير الرواسب (Sludge digestion tanks) .
٢ - تجفيف الرواسب على طبقات الرمل .
(Dewatering on sand beds)
٣ تجفيف الرواسب بمرشحات التفريغ .
(Dewatering by vacuum filter)
٤ - تجفيف الرواسب بالتسخين (Dewatering by Heating) .
٥ - تجفيف الرواسب بمرشحات الضغط .
(Dewatering by Pressure filters)

و محطات معالجة المخلفات السائلة عادة تحتوى على عدد محدود من العمليات المذكورة أعلاه لتؤدى الغرض المطلوب وهو الحد من أضرار هذه المخلفات إلى الدرجة التى تسمح التخلص منها دون أية متاعب .

إلا أنه يمكن تقسيم محطات معالجة المخلفات السائلة إلى أربعة أنواع رئيسية :

(ا) محطات معالجة ابتدائية (Primary Treatment Plants) :

وهذه تشمل : المصافى ، أحواض حجز الرمال ، أحواض كشط الزيوت (إذا لزم الأمر) ثم الترسيب الابتدائى . (شكل ١٣ – ١)

(ب) محطات معالجة بالترسيب الكيماوى :

Chemical Precipitation Plants

وهذه تشمل : المصافى ، أحواض حجز الرمال ، أحواض كشط الزيوت (إذا لزم الأمر) ثم الترسيب الكيماوى وهو يشمل المزج السريع والبطىء ثم الترويق . (شكل ١٣ – ٢)

(ج) محطات معالجة كاملة بالمرشحات الزلط (Trickling filter plants) :

هذه تشمل بالإضافة إلى خطوات المعالجة الابتدائية ، الخطوات الآتية : مرشحات الزلط ثم أحواض الترسيب النهائى . (شكل ١٣ – ٣)

(د) محطات معالجة كاملة بطريقة الرواسب (الحماة) المنشطة :

Activated sludge plants

وهذه تشمل الإضافة إلى خطوات المعالجة الإبتدائية ، الخطوات الآتية : أحواض الحمأة المنشطة ثم أحواض الترسيب النهائى . (شكل ١٣ – ٤)

على أن فى كل من المحطات المذكورة أعلاه لابد أن تحوى طريقة لمعالجة الرواسب وهذه تشمل أحواض تخمير الرواسب يعقبها تجفيف الرواسب بأحد الطرق المذكورة أعلاه أو التجفيف مباشرة بدون تخمير .

٣ ـ أعمال التخلص من المخلفات السائلة Disposal of sewage) :

وهذه تشمل :

(ا) التخلص من السوائل (Disposal of effluent) :

١ ـ استعمال السوائل للرى Disposal by irrigation

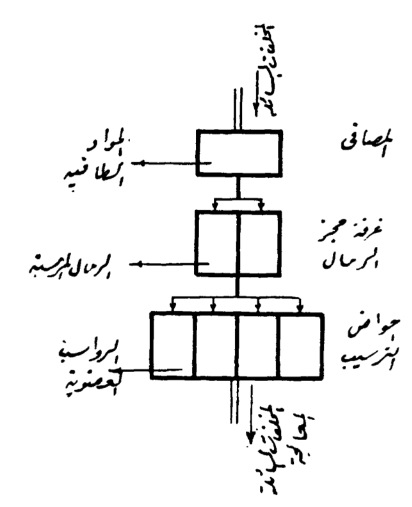
٢ ـ صب السوائل فى المجارى المائية Disposal by dilution

(ب) للتخلص من الرواسب :

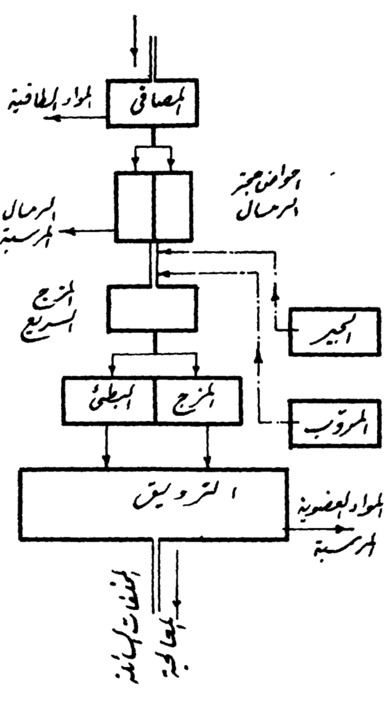
١ ـ إستعمالها كسماد Use as a fertlizer

٢ ـ الرمى فى المجارى المائية Dumpoing in water

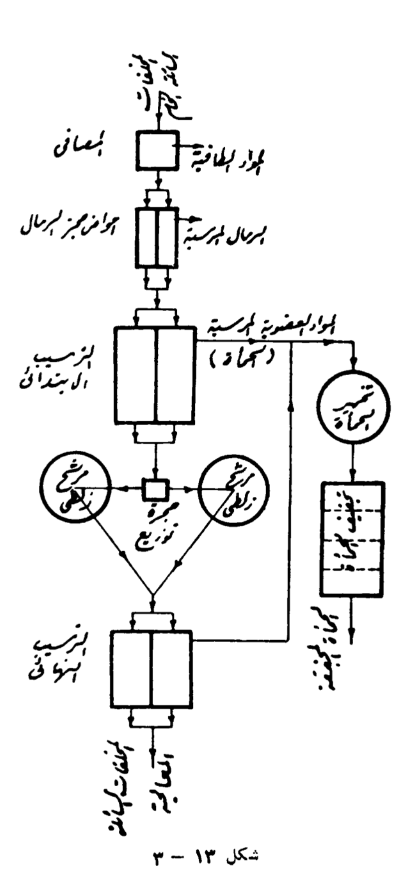
٣ ـ الحريق Incineration



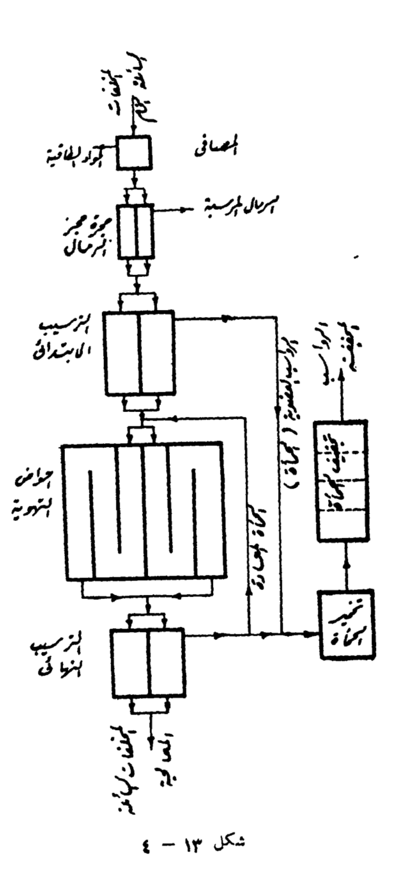
شكل ١٣ - ١


المصافي
المواد الطافية
أحواض حجز الرمال
الرمال المرسبة
المزج السريع
الجير
البطئ
المزج
المروب
الترويق
المواد العضوية المرسبة
المخلفات السائلة
المعالجة

شكل ١٣ - ٢


المخلفات السائلة الخام
المصافي
المواد الطافية
أحواض حجز الرمال
الرمال المترسبة
المواد العضوية المترسبة
(الحمأة)
الترسيب الابتدائي
تخمير الحمأة
مرشح زلطي
حجرة توزيع
مرشح زلطي
تجفيف الحمأة
الحمأة المجففة
الترسيب النهائي
المخلفات السائلة المعالجة

شكل ١٣ — ٣


المصافى
المواد الطافية
الرمال المرسبة
حجرة حجز الرمال
الترسيب الابتدائى
حوض التهوية
الترسيب النهائى
تخمير الحماة

شكل ١٣ – ٤

الدراسات اللازمة لتصميم مشروعات الصرف

عند البدء فى تصميم مشروع من مشروعات الصرف الصحى يتعين تقدير كمية المخلفات السائلة المنتظرة فى المدينة بعد نموها مستقبلا — وهذا يستوجب القيام بدراسات لتعداد السكان ، معدل استهلاك المياه ، كمية مياه الرشح . كمية مياه الأمطار ، المصانع المختلفة فى المدينة ، اتجاهات الرياح .

١ — عدد السكان الذى يخدمهم المشروع :

ولا تختلف الطرق المتبعة لتقدير أو التنبؤ بعدد السكان مستقبلا فى مشروعات الصرف الصحى عن الطرق المتبعة فى مشروعات إمداد المدن بالمياه .

٢ — دراسات معدل استهلاك المياه :

وهذه أيضا لا تختلف كثيراً عن الدراسات التى سبق شرحها فى صدد مشروعات إمداد المدن بالمياه — إذ أنه من البديهى أن المصدر الرئيسى للمخلفات السائلة فى المدينة هو أعمال إمداد المياه فى المدينة — إلا أنه من المنتظر أن تقل كمية المياه التى تصل إلى شبكات الصرف عن كمية المياه التى خرجت أصلا من محطات تنقية المياه نتيجة فقد بعض هذه المياه ما بين محطة المياه ومحطة الصرف الصحى — هذا الفاقد نتيجة العوامل الآتية :

١ — تسرب بعض الماء من المواصلات الغير محكمة فى شبكات المياه وكذلك من الصمامات المركبة على هذه الشبكات .

٢ — الاستعمالات المختلفة للمياه فى المنازل والمصانع التى ينتج عنها عدم وصول بعض المياه المستعملة إلى شبكات الصرف .

٣ — المياه التى تستعمل فى الأغراض العامة مثل غسيل الشوارع ومقاومة الحرائق . إذ أن بعضا من هذه المياه لا يصل إلى شبكات الصرف .

٤ — عدم اتصال بعض مساكن المدينة بشبكات الصرف الصحى خاصة فى الاماكن المتطرفة فى المدينة .

كل هذه الأسباب تؤدى إلى نقص كمية المياه التى تصل إلى شبكات الصرف عن طريق إستعمال المياه فى المدينة بحوالى ٣٠ ٪ من كمية المياه التى خرجت أصلا من محطة تنقية المياه .

كما يجب ملاحظة أن كمية المخلفات السائلة فى مدينة ما تتغير تبعاً لتغير معدل استهلاك المياه — فهى لذلك تتغير تغيراً موسمياً ، وتغيراً يومياً وتغيراً من ساعة إلى آخرى فى نفس اليوم .

٣ — كمية مياه الرشح Quantity of Infiltration water

وهذه كما سبق ذكره هى المياه الجوفية التى تدخل شبكة مواسير الصرف وتتوقف كميتها على العوامل الآتية :

١ — الطول الكلى لشبكة الصرف — فكلما زاد الطول زادت كمية مياه الرشح .

٢ — أقطار مواسير شبكة الصرف — فكلما زاد القطر زادت كميات الرشح.

٣ — نوع المادة التى تصنع منها المواسير ودرجة نفاذية الماء فى جدرانها — فالمواسير الحديد الزهر يعدم دخول مياه الرشح فيها بينما تدخل مياه الرشح فى مواسير الفخار أو الخرسانة بمعدلات عالية نسبياً .

٤ — مسامية التربة ودرجة نفاذية الماء فيها فتزيد كمية مياه الرشح بزيادة مسامية التربة ودرجة نفاذيتها للمياه.

٥ — موضع المواسير بالنسبة لمنسوب المياه الجوفية فكلما انخفضت المواسير تحت منسوب المياه الجوفية زادت كمية مياه الرشح التى تدخل الماسورة.

٤ — كمية مياه الامطار (Quantity of Storm or Rain water)

للحصول على تقدير سليم لكمية الأمطار التى تصل إلى شبكات الصرف الصحى للمدينة يلزم دراسة وافية للنقاط الآتية :

(١) معدل سقوط الأمطار (Intensity of rain) .

(ب) الزمن الذى تستمره العواصف الممطرة (Duration of rain) fall

(ج) معامل الفائض (Run - off coefficient) .

(د) احتمالات تكرار سقوط الأمطار (Frequency of storms).

ا - معدل سقوط الامطار

يقاس معدل سقوط الأمطار بأجهزة بسيطة أو أوتوماتيكية يتم فيها تجميع مياه الأمطار التى تسقط على سطح معين بالجهاز معد لاستقبال الأمطار وبمعرفة مساحة هذا السطح والزمن الذى تساقطت فيه الأمطار يمكن تقدير كثافة أو معدل سقوط الأمطار بالبوصة أو بالسنتيمتر فى وحدة الزمن (ساعة أو يوم) .

$$R = \frac{Q}{AT}$$

حيث : R = معدل سقوط الأمطار (سم/ساعة)

Q = كمية الأمطار المجمعة فى الجهاز (سم/٣)

T = زمن تساقط الأمطار (ساعة)

A = المساحة التى استقبلت الأمطار (سم٢)

هذا فى الأجهزة البسيطة – أما فى الأجهزة الأوتوماتيكية فيتم فيها رصد الأمطار المتساقطة على أوراق بيانية مثبتة على اسطوانة تدور دورة كاملة كل أربعة وعشرين ساعة – وبذلك يمكن قراءة كثافة أو معدل سقوط الأمطار فى أى وقت فى اليوم مباشرة .

ب – الزمن الذى تستمره العاصفة

عندما يبتدىء المطر فى التساقط على مساحة ما تأخذ المياه المتجمعة على السطح فى أخذ طريقها لتصل إلى مداخل مياه الأمطار فى شوارع المدينة فاذا فرض مثلا أن الزمن اللازم لتصل المياه من أبعد نقطة إلى مدخل مياه الأمطار فى الشارع هو عشرون دقيقة . وكانت فترة تساقط الأمطار عشرة دقائق فقط . فان المياه التى تدخل فى بالوعة الأمطار تأخذ فى التزايد لمدة عشرة دقائق فقط ثم تأخذ بعد ذلك فى التناقص ، إذ أن الأمطار

قد توقفت و بذلك فان الفائض منها فى المساحة القريبة من بالوعة الأمطار قد انعدم بالرغم من استمرار جريان فائض الأمطار من المساحة البعيدة إلى البالوعة .

و بذلك يمكن القول أنه حتى نحصل على أكبر فائض للأمطار يصل إلى البالوعة يجب أن يستمر المطر مدة طويلة بحيث يضمن وصول فائض من الأمطار من جميع المساحة المستقبلة للمطر إلى البالوعة فى نفس الوقت - وهو ما يسمى بالوقت اللازم لتركيز الأمطار (Time of concentration) وهو الزمن اللازم لوصول مياه المطر من أبعد مكان فى المساحة المخدومة إلى البالوعة التى تخدم هذه المساحة . ويتراوح هذا الزمن فى أول خط الصرف من خمسة إلى عشرين دقيقة ثم يأخذ فى الزيادة كلما طال خط الصرف .

وبالرجوع إلى شكل (١٣ - ٥) فأنه بالنسبة إلى خط الصرف أ ب الذى يخدم المساحة A عن طريق البالوعة «أ»، فأن زمن التركيز يساوى الزمن اللازم لوصول فائض مياه الأمطار من النقطتين د حتى البالوعة « أ ». أما بالنسبة لخط الصرف ب ج الذى يخدم كل من المساحة A ، B فان زمن التركيز يساوى زمن التركيز للبالوعة «أ» مضافاً إليها الزمن اللازم لسير مياه الأمطار من الماسورة من البالوعة «أ» إلى البالوعة «ب». إذ أنه فى هذه الحالة نضمن أن فائض مياه الأمطار مستمر الوصول من النقطتين د فى نفس الوقت الذى يصل فائض مياه الأمطار من النقطتين هـ .

شكل ١٣ - ٥

جـ — معامل الفائض

أى النسبة بين كمية مياه الأمطار التى تدخل فى مواسير الصرف الصحى . وكمية مياه الأمطار التى سقطت فعلا — وهذا المعامل يتوقف على درجة تشرب سطح الأرض للمياه وهى بالتالى تتوقف نوع التربة وعلى جودة رصف الطرق فى المدينة — والجدول رقم ١٣ — ١ يبين قيمة هذه المعامل — ومع كل فان هذا المعامل يتغير لنفس التربة مع استمرار تساقط الأمطار فى عاصفة واحدة طويلة ، إذ يأخذ فى الازدياد نظراً لتشبع الأرض فى الفترة الأولى من العاصفة وعدم استعدادها لتشرب المزيد من مياه الأمطار بنفس سرعة تشربها لها فى بدء المطر .

جدول (١٣ — ١)

معامل فائض مياه المطر على سطح الأرض

نوع التربة	المعامل
الأسطح والشوارع المرصوفة جيدا	٨٥٪ —> ٩٠ ٪
الشوارع المرصوفة بالأحجار والمونة	٧٥٪ —> ٨٥ ٪
الشوارع المرصوفة بالأحجار بدون مونة	٥٠٪ —> ٧٥ ٪
التربة العادية والشوارع الغير مرصوفة	١٠٪ —> ٢٠ ٪

كما تعطى المعادلة التالية كمية المياه التى تصل إلى شبكة الصرف نتيجة لسقوط الأمطار على المساحة المخدومة :

$$Q = A\ I\ C\ R$$

حيث : Q = كمية المياه التى تصل إلى شبكة الصرف .

A = مساحة المنطقة التى تخدمها شبكة الصرف .

I = معامل فائض مياه الأمطار .

R = كثافة الأمطار بالبوصة أو السنتيمتر / وحدة الزمن .

C = معامل يتوقف على الوحدات المتبعة فى قياس

فاذا كانت A مقدرة بالفدان (الفدان = ٤٣٥٦٠ قدم٢) وكانت R

مقدرة بالبوصة فى الساعة و Q مقدرة بالقدم مكعب فى الثانية كانت قيمة C تساوى واحد تقريباً و بذلك تصير المعادلة السابقة :

$$Q = A\ I\ R$$

حيث تقدر A ، R ، Q بالموحدات المذكورة أعلاه .

أما إذا كانت A مقدرة بالهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ متر مربع) وكانت R مقدرة بالسنتيمتر فى الساعة و Q مقدرة بالمتر مكعب /الساعة فان قيمة C تساوى ١٠٠ — و بذلك تصير المعادلة السابقة :

$$Q = 100\ A\ I\ R$$

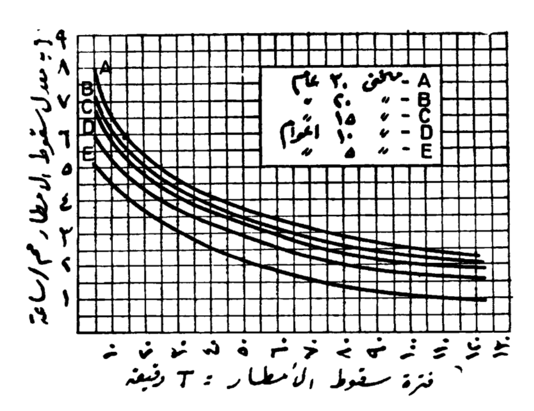
حيث تقدر A ، R ، Q بالموحدات المذكورة أعلاه .

د — احتمالات تكرار سقوط الامطار

من المعلوم ان معدل تساقط الأمطار أى درجة تركيزها تتغير من عاصفة إلى أخرى وكذلك الزمن الذى تستمره العاصفة و كذلك عدد مرات تكرار العاصفة على مر الزمن — كما تتحكم العوامل الاقتصادية فى اختيار امطار ذات معدل معين وفترة استمرار معينة لتصميم شبكات الصرف — وللوصول إلى أحسن النتائج فى هذا الصدد توقع النقاط التى توضح العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة استمراره فى السنين السابقة (ثلاثين سنة مثلا) والمنحنى الذى يصل بين أعلى نقط أى المغلف لجميع هذه النقاط يبين أكبر تركيز لعاصفة محتمل حدوثها مرة كل ثلاثين سنة — أى يبين العلاقة بين تركيز أو معدل سقوط المطر وفترة استمراره . كما أن المنحنى الذى يربط ما بين النقط التى تلى المنحنى أعلاه — إلى أسفل — يبين أكبر عاصفة محتمل حدوثها مرتين كل ثلاثين سنة أى مرة كل خمسة عشر سنة ؛ وهكذا حتى نحصل على منحنيات للعواصف المحتمل حدوثها مرة كل عشر سنوات أو خمسة سنوات (شكل ١٣ — ٦) .

هذه المنحنيات يمكن كتابة معادلتها على هيئة

$$(١) \quad \ldots\ldots \quad R = \frac{A}{t + B}$$



شكل ١٣ – ٦

حيث : t = الزمن المطلوب تحديد كثافة الأمطار عنده

R = كثافة الأمطار لعاصفة ما بعد فترة t دقيقة من بدئها .

$A \cdot B$ = اعداد ثابتة .

وللحصول على قيمة A ، B لكل منحنى نكتب المعادلة السابقة على هيئة :

$$\frac{1}{R} = t\,\frac{1}{A} + \frac{B}{A} \quad \text{او} \quad \frac{1}{R} = \frac{t + B}{A} \qquad (٢)$$

وبتوقيع قيمة $\frac{1}{R}$ ، قيمة t المناظرة لها نحصل على خط مس...
الخط المستقيم هذا ، مع المحور الأفقي يعطى قيمة $\frac{1}{A}$ كما أن تق...
المستقيم مع المحور الرأسي يعطى قيمة $\frac{B}{A}$ إذ أن هذه المعادلة

هيئة $y = mx + n$ حيث m هى ميل الخط المستقيم و n هى الأحداثى الرأسى لتقاطع المستقيم مع المحور الرأسى :

مثـــال :

لمنحنى العاصفة المتكررة مرة كل ثلاثين عاماً (شكل ١٣ — ٦) أوجد المعادلة المناسبة لـه . وكذلك أوجد قيمة فائض مياه الأمطار على مساحة قدرها عشرون هكتارا إذا كان معامل الفائض ٤٠٪ وزمن التركيز للعاصفة هو خمسة عشر دقيقة .

الحل : بتوقيع قيمة $\frac{1}{R}$ ، t للنقط المختلفة للمنحنى نحصل على الشكل (١٣ — ٧) ومنه يتضح أن :

$\frac{1}{A} = ٠,٠٠٢٧٧$ ∴ $A = ٣٦٠$

$\frac{B}{A} = ٠,١٢٥$ ∴ $B = ٤٥$

وبذلك تصير معادلة المنحنى كالآتى :

$$R = \frac{360}{t + 45}$$

وبالتعويض بقيمة t = ١٥ دقيقة

∴ $R = \frac{٣٦٠}{١٥ + ٤٥} = ١٠$ سم/الساعة

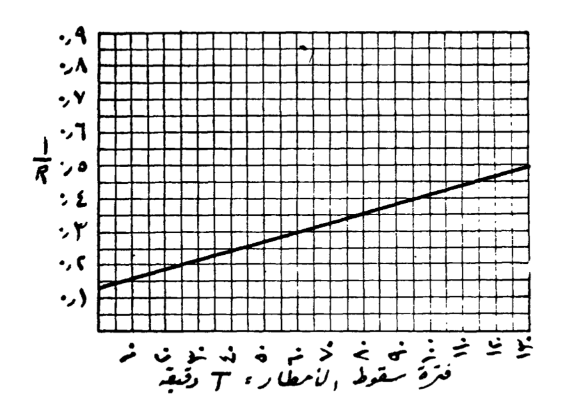
وبالتعويض فى المعادلة :

$$Q = 100\ A\ I\ R$$

∴ $Q = ١٠٠ \times ٢٠ \times ٠,٤ \times ١٠$

= ٨٠٠٠ متر مكعب/الساعة

= ٢,٢ متر مكعب/الثانية



شكل رقم ١٣ — ٧

تصرفات الطقس الجاف والطقس الممطر Dry & wet weather flows

يطلق لفظ التصرف الجاف على كمية المخلفات السائلة التى تجرى فى المواسير بدون مياه الأمطار — وهو كما سبق ذكره متغير وله حدان :

الحد الأقصى للتصرف الجاف (Maximum Dry weather flow) :

ويتراوح بين مرة ونصف . ضعف متوسط التصرف اليومي .

الحد الأدنى للتصرف الجاف (Minimum Dry weather flow) :

ويقدر بحوالى نصف متوسط التصرف اليومى .

ويطلق لفظ التصرف الممطر على كمية المخلفات السائلة التى تجرى فى المواسير مضافا إليها مياه الأمطار وله كذلك حدان :

الحد الأقصى للتصرف الممطر (Maxiumm wet weather flow) :

ويساوى الحد الأقصى لتصرف الطقس الجاف مضافاً اليه تصرف مياه الأمطار .

الحد الأدنى للتصرف الممطر (Minimum wet weather flow) :

ويساوى الحد الأدنى لتصرف الطقس الجاف مضافا إليه تصرف مياه الأمطار .

علماً بأنه يجب فى جميع الأحوال إضافة كمية مياه الرشح إلى كل من هذه التصرفات عند حساب قطاعات المواسير .

٥ — دراسة المصانع المختلفة فى المدينة

وذلك لتقدير كمية المخلفات السائلة التى تخرج منها يومياً ومعرفة إذا كان بعض المصانع له مصادر خاصة للمياه مما يزيد من تصرف مخلفاتها السائلة عن المياه التى تصلها من محطة المياه العامة .

٦ — دراسة اتجاهات هبوب الرياح

وذلك لمعرفة اتجاه الرياح السائدة أغلب أوقات العام . وذلك لتحديد الأماكن المناسبة لعمليات المعالجة — ولقد وجد فى جمهورية مصر العربية أن الرياح السائدة هى رياح من الشمال أو من الشمال الغربى أو الغرب . ولذلك ينصح دائماً أن تنشأ عمليات التنقية (تحت الريح) بالنسبة للمدينة . أى فى الجنوب أو الجنوب الشرقى أو الشرق .

الباب الرابع عشر

شبكات مواسير الصرف الصحى

'Sewerage System'

(Swage & Wastes Collection Works)

وهذه كما سبق ذكره عبارة عن شبكة من المواسير تسير فيها المخلفات بالانحدار الطبيعى (graviy) فتصب المواسير الصغرى فى المواسير الكبرى وهكذا حتى تصب فى النهاية فى المجمعات الرئيسية التى تؤدى بدورها إلى محطات الرفع .

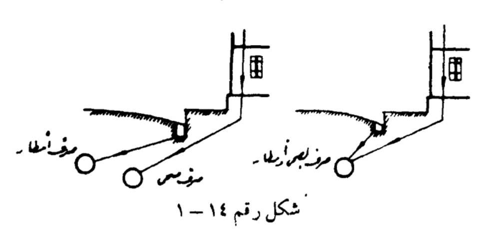
وهناك نوعان لشبكات الصرف هذه :-

(ا) شبكة الصرف المشتركة (Combined System): وهى التى ينشأ فيها شبكة صرف موحدة لاستقبال كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها سواء كانت مخلفات منزلية أم صناعية أم مياه أمطار (شكل ١٤ - ١).

(ب) شبكة الصرف المنفصلة (Separate System) وهى التى تنشأ فيها شبكة صرف لاستقبال المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية - وتنشأ فى نفس الوقت شبكة أخرى لاستقبال مياه الأمطار (شكل ١٤ - ١) .

الأحوال التى تستعمل فيها شبكات الصرف المشتركة :

١ - فى الشوارع والطرقات المزدحمة بالخدمات العامة الأخرى كمواسير المياه وكبلات الكهرباء والتليفونات وغاز الاستصباح ... مما يصعب معه وضع ماسورتين صرف كل منهما لغرض خاص ولذا تستعمل فى هذه الحالة ماسورة واحدة لصرف المخلفات السائلة بمختلف أنواعها .



شكل رقم ١٤ - ١

٢ — إذا كان سقوط الأمطار نادراً ويخشى أن تبقى شبكة صرف مياه الأمطار خالية دون استعمال معظم أيام العام .

٣ — إذا كان هطول الأمطار بكثرة وغزارة مما يجعل كمية المخلفات السائلة المنزلية والصناعية بسيطة بالنسبة لمياه الأمطار — مما يشجع على إدماجها جميعاً مع بعضها طالما أن كمية المخلفات المنزلية والصناعية صغيرة ولا تؤثر فى حجم وتكاليف إنشاء شبكة مواسير صرف مياه الأمطار .

٤ — إذا ظهر أن كل من المخلفات المنزلية والصناعية وكذلك مياه الأمطار لابد من رفعها بالطلمبات إلى نفس المكان ، ففى هذه الحالة لا يوجد داعى لفصل نوعى المخلفات عن بعضهما .

٥ — إذا كانت الأرض مسطحة مما يضطرنا لوضع المواسير بانحدار بسيط منعاً للوصول بالمواسير إلى أعماق كبيرة ، الأمر الذى قد يسبب جريان الماء فى المواسير بسرعة بسيطة — مما ينتج عنها ترسيب للمواد العالقة فى قاع الماسورة وتفادياً لهذه الحالة تتبع طريقة الصرف المشتركة مما يزيد التصرف المار فى الماسورة وبالتبعية يزيد من سرعة جريان الماء بالرغم من وضعها بانحدار بسيط .

٦ — إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة ويخشى تحلل المخلفات السائلة أثناء سيرها مدة طويلة فى شبكة المواسير . وتفادياً لهذه الحالة تتبع طريقة الصرف المشتركة مما يزيد التصرف المار فى الماسورة وبالتبعية يزيد من سرعة جريان الماء مما يمنع تحللها فى الماسورة قبل وصولها إلى محطة الرفع .

الأحوال التى يفضل فيها شبكات الصرف المنفصلة :

---

١ — إذا ظهر أن مياه الأمطار يمكن صرفها بالانحدار الطبيعى (بدون رفع) فى مصرف أو مجرى مائى أو نهر أو بحيرة مجاورة للمدينة فيمكن فى هذه الحالة انشاء شبكة صرف منفصلة .

٢ — إذا كانت تكاليف علاج المخلفات السائلة مرتفعة : ففى هذه الحالة يحسن فصل مياه الأمطار عن المخلفات الأخرى مع التخلص منها بدون معالجة و ذلك إقتصاداً فى تكاليف المعالجة .

٣ — عند تواجد شبكة صرف لمياه الأمطار قبل انشاء مشروع صرف المخلفات السائلة فعندئذ يحسن الابقاء على هذه الشبكة لتقوم بالخدمة التى انشأت لها فعلا — مع انشاء شبكة جديدة تكفى لحمل المخلفات السائلة الأخرى فقط .

تقسيم المدينة إلى مناطق صرف :

ونظراً لأن مواسير شبكة الصرف توضع بميل يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعى فمن البديهى أنه فى البلاد المسطحة نسبياً يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها . الأمر الذى يزيد التكاليف الانشائية و يمثل خطراً على المنشآت المجاورة للخندق الذى توضع فيه الماسورة . لذلك يتحتم تقسيم المدينة إلى مناطق متعددة على أن تؤدى شبكة الصرف فى كل منطقة إلى محطة رفع خاصة بالمنطقة — هذه المحطة ترفع المخلفات السائلة إلى المجمع الرئيسى الذى يصل إلى محطة الطلمبات الرئيسية وهذا ما يسمى (Sectional System) أى الصرف مع التقسيم إلى مناطق .

تصميم قطاعات المواسير

بعد تقدير كمية المخلفات التى تمر فى كل فرع من فروع شبكة الصرف الصحى وكذلك تقدير التغيرات فى هذه الكمية من وقت لآخر . يمكن تصميم المواسير و ذلك مع مراعاة الشروط الآتية :

١ — تصميم مواسير الصرف بحيث لا تكون ممتلئة القطاع بل بحيث يكون ارتفاع الماء فيها كالآتى :

حوالى ثلث القطر عند مرور أدنى تصرف جاف .

حوالى نصف القطر عند مرور أقصى تصرف جاف .

حوالى ثلاثة أرباع القطر عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير الكبيرة التى يزيد قطرها عن سبعين سنتيمتراً .

القطر الكامل تقريباً عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير التى يقل قطرها عن سبعين سنتيمترا .

٢ — يجب أن تكون السرعة فى مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة فى قاع الماسورة . وهى ما تسمى (Self - Cleansing Velocity) وقد وجد أن هذه السرعة يجب ألا تقل عن ٦٠ سنتيمتراً فى الثانية ، عندما يكون التصرف فى الماسورة مساوياً للتصرف المتوسط فى اليوم بينما فى حالة أقصى تصرف جاف يجب ألا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمتراً فى الثانية .

أما فى حالة أدنى تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتى ٤٥ أو ٥٠ سنتيمتر فى الثانية . وذلك لأن المياه عندئذ تكون خالية نسبياً فى المواد العالقة نظراً لأن هذا التصرف يحدث عادة فى ساعات الليل حيث يكون مصدر أغلب المياه فى الماسورة هو مياه الرشح .

وبذلك نضمن عدم حدوث أى ترسيب فى جميع الحالات .

والجدول رقم (١٤ — ١) يبين مساحة القطاع المائى ونصف القطر الهيدروليكى والسرعة والتصرف عند مرور الماء فى قطاع دائرى على أعماق مختلفة .

جدول رقم (١٤ ـ ١)

عمق الماء	المساحة	نصف القطر الهيدروليكى	السرعة	التصرف
¼ ق	٠,١٥٣ ق٢	٠.١٤٦ ق	٠,٧٠ س	٠,١٣٧ ص
⅓ ق	٠,٢٢٦ ق٢	٠,١٨٤ ق	٠,٨٢ س	٠.٢٣٥ ص
½ ق	٠.٣٩٢ ق٢	٠,٢٥٠ ق	س	٠,٥٠ ص
⅔ ٦	٠.٥٦٠ ق٢	٠٢,٩١ ق	١,١١ س	٠,٧٩ ص
¾ ق	٠,٦٣٢ ق٢	٠.٣٤١ ق	١.٣٤ س	٠,٩١٢ ص
ق	٠.٧٨٤ ق٢	٠.٢٥٠ ق	س	ص

حيث : ق = قطر الماسورة

س = سرعة الماء عند إمتلاء الماسورة

ص = التصرف عند إمتلاء الماسورة

٣ ـ يجب ألا تزيد سرعة المياه عن السرعة المتلفة (Destructive velocity) وقيمتها تتوقف على مادة تصنيع الماسورة ويفضل عادة ألا تتجاوز السرعة فى الماسورة عن متر ونصف فى الثانية .

٤ ـ أقل قطر ممكن لماسورة الصرف هو ٦" (ويفضل أحياناً ٧" أو ٨") وذلك منعاً لاحتمال سددها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة .

ويتم تصميم قطاع الماسورة أى تعيين القطر والميل باتباع الخطوات الاتية:

١ – يعين التصرف الذى يمر فى الماسورة : أدنى تصرف Q_{min} التصرف المتوسط Q_{ave} أقصى تصرف Q_{max} .

٢ – بفرض أن أدنى تصرف Q_{min} يمر بحيث يكون ارتفاع الماء فى الماسورة يساوى ثلث القطر وبالرجوع إلى جدول رقم (١٤ – ١) ، نجد أن نسبة هذا التصرف إلى التصرف عندما يكون القطاع ممتلاء تساوى ٠,٢٣٥ : ١ . أى أن التصرف عند امتلاء القطاع = ٤,٢٥ × أدنى تصرف .

٣ – بفرض سرعة المياه للقطاع الممتلىء (V_f) تساوى ٨٠ – ١٠٠ سنتيمتراً/ثانية .

تكون مساحة القطاع $A = Q/V$.

ومن ثم يمكن إيجاد القطر – فاذا لم يتواجد هذا القطر فى الأسواق يختار القطر الأكبر منه مباشرة .

٤ – بمعرفة القطر (D) الذى وقع عليه الاختيار نجد السرعة عند امتلاء القطاع تساوى $\frac{4Q}{\pi D^2}$ ويمكن إيجاد الميل S الذى توضع عليه الماسورة وذلك بالتعويض فى إحد المعادلات الآتية حيث $R = D/4$

أ	$V = C\sqrt{RS}$	(Chezy)
ب	$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	(Manning)
جـ	$V = 83 R^{2/3} S^{1/2}$	(Santo Cramp)
د	$V = 1.318\ C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$	(William-Hazen)

حيث V = السرعة بالمتر /ثانية

R = نصف القطر الهيدروليكي بالمتر .

$= \frac{\text{مساحة قطاع الماسورة الممتلىء بالماء}}{\text{طول محيط الماسورة المبلول بالماء}}$

S = ميل الماسورة – ويساوى كذلك معدل الفاقد فى الاحتكاك

C = معامل ثابت يتوقف على نوع الماسورة ويعطى كاتر (Kutter) قيمة لهذا الثابت بالمعادلة الآتية :

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.0055}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.0055}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

حيث n = ثابت يتوقف على مادة تصنيع الماسورة

= ٠,٠٠٨ —> ٠,٠١٠ للخشب الممسوح جيداً .

= ٠,٠١٠ —> ٠.٠١٢ للمواسير المبطنة بالأسمنت .

= ٠,٠١٢ —> ٠,٠١٤ للخشب الغير ممسوح

= ٠,٠١٠ —> ٠,٠١٣ للمواسير الخرسانية

= ٠,٠١٢ —> ٠,٠١٥ للمواسير الفخار المزجج

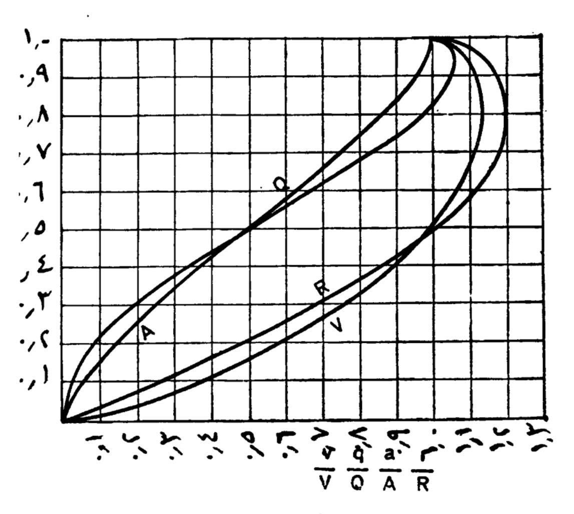
= ٠.٠١٥ —> ٠,٠١٧ للمواسير المبنية بالطوب أو الدبش

٥ – يستعمل الجدول رقم (١٤ – ٢) والمنحنى فى الشكل (١٤ – ٢) لحساب السرعة عند التصرفات المختلفة التى تتواجد فى الماسورة ويبين كل منهم المساحة النسبية والسرعة النسبية والتصرف النسبى للمواسير المستديرة عند وجود الماء على أعماق مختلفة فى ماسورة الصرف .

أى يبين العلاقة بين $\frac{v}{V}$. $\frac{d}{D}$ وكذلك العلاقة بين $\frac{q}{Q}$ ، $\frac{d}{D}$

حيث : a = المساحة عند مرور الماء بعمق قدره d

A = المساحة الكلية للماسورة



شكل رقم ١٤ — ٢

v = السرعة عند مرور الماء بعمق قدره

d = عمق الماء .

V = السرعة عند امتلاء القطاع .

D = قطر القطاع .

q = التصرف عند مرور الماء لعمق قدره d

Q = التصرف عند امتلاء القطاع .

r = نصف القطر الهيدروليكى عند مرور الماء بعمق قدره .

R = نصف القطر الهيدروليكى عند امتلاء القطاع .

جدول رقم (١٤ — ٢)

جدول يعطى السرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير المستديرة

عمق الماء قطر الماسورة d/D	المساحة النسبية a/A	نصف القطر الايدروليكى r/R	السرعة النسبية v/V	التصرف النسبي q/Q
٠٠١	٠ ٠٠١٧	٠ ٠٢٦٥	٠ ٠٨٩٠	٠ ٠٠٠٥
٠٠٢	٠ ٠٠٤٨	٠ ٠٥٢٨	٠ ١٤٠٨	٠ ٠٠٠٧
٠٠٥	٠ ٠١٨٧	٠ ١٣٠٢	٠ ٢٥٦٩	٠ ٠٠٤٨
٠ ١٠	٠ ٠٥٢٠	٠ ٢٥٤١	٠ ٤٠١٢	٠ ٠٢٠٩
٠ ١٧	٠ ١١٢٧	٠ ٤١٦٧	٠ ٥٥٧٨	٠ ٠٦٢٩
٠ ٢٠	٠ ١٤٢٤	٠ ٤٨٢٤	٠ ٦١٥١	٠ ٠٨٧٦
٠ ٣٠	٠ ٢٥٢٣	٠ ٦٨٣٨	٠ ٧٧٦١	٠ ١٩٥٨
٠ ٣٣	٠ ٢٨٧٨	٠ ٧٣٧٨	٠ ٧١٧٢	٠ ٢٣٥٢
٠ ٣٥	٠٣ ١١٩	٠ ٧٧٤٠	٠ ٨٤٣٠	٠ ٢٦٢٩
٠ ٤٠	٠ ٣٧٣٥	٠ ٨٥٦٩	٠ ٩٠٢٢	٠ ٣٣٧٠
٠ ٥٠	٠ ٥٠٠٠	١ ٠٠٠٠	٠ ٠٠٠٠	٠ ٥٠٠٠
٠ ٦٠	٠ ٦٢٦٥	١ ٦١٠٦	١ ٧٠٢٤	٠ ٦٧١٨
٠ ٦٧	٠ ٧١٢٢	١ ١٦١٧	١ ١٠٨٣	٠ ٧٨٩٣
٠ ٧٠	٠ ٧٤٧٧	١ ١٨٤٩	١ ١١٩٨	٠ ٤٣٧٢
٠ ٨٠	٠ ٨٥٧٦	١ ٢١٦٨	١ ١٣٩٧	٠ ٩٧٧٥
٠ ٨١	٠ ٨١٧٧	١ ٢١٧٢	١ ١٤٠٠	٠ ٩٨٩٢
٠ ٨٥	٠ ٩٠٥٩	١ ٢١٣١	١ ١٢٧٤	١٠ ٣١٤
٠ ٩٠	٠ ٩٤٨٠	١ ١٩٢١	١ ١٢٤٣	١ ٠٦٥٨
٠ ٩٤	٠ ٩٧٥٥	١ ١٥٧٩	١,١٠٢٧	١,٠٧٥٧
٠,٩٥	٠,٩٨١٣	١,١٤٥٨	١,٠٩٥٠	١,٠٧٤٥
١٠٠٠	١٠٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠

جدول رقم ١٤ – ٣)

أقل إنحدار توضع عليه مواسير الصرف الصحى

القطر بالبوصة	مياه مجارى خام سرعة ٧٥ سم/ثانية		مياه منقاه ٦٠ سم/ثانية
	ماسورة خزف أو أسمنتية	ماسورة زهر	ماسورة خزف أو أسمنتية
٥	١ : ١١٠	١ : ٩٠	١ : ١٨٥
٦	١ : ١٥٠	١ : ١٢٢	١ : ٢٤٠
٧	١ : ١٩٠	١ : ١٥٥	١ : ٢٩٥
٩	١ : ٢٦٥	١ : ٢١٥	١ : ٤١٥
١٢	١ : ٣٨٥	١ : ٣١٥	١ : ٦١٠
١٥	١ : ٥٢٠	١ : ٤٢٠	٢ : ٨١٠
١٨	١ : ٦٦٠	١ : ٥٣٥	١ : ١٠٥٠
٢٤	١ : ٩٧٠	١ : ٨٠٠	١ : ١٥٠٠
٢٧	١ : ١١٠٠	١ : ٩٠٠	١ : ١٨٠٠
٣٠	١ : ١٣٠٠	١ : ١٠٦٠	١ : ٢٠٥٠
٣٣	١ : ١٥٠٠	١ : ١٢٣٠	١ : ٢٢٥٠
٣٦	١ : ١٦٥٠	١ : ١٣٤٠	١ : ٢٦٠٠
٣٩	١ : ١٨٥٠	١ : ١٥٠٠	١ : ٢٩٠٠
٤٢	١ : ٢٠٥٠	١ : ١٦٧٠	١ : ٣٢٠٠
٤٥	١ : ٢٢٥٠	١ : ١٨٣٠	١ : ٣٥٠٠

كما يبين الجدول رقم (١٤ – ٣) أقل انحدار توضع عليه المواسير بحيث يتوفر شرط عدم هبوط السرعة عن الحدود المقررة .

وبعد تحديد قيمة التصرف عند امتلاء الماسورة بحوالى ٤,٢٥ × أدنى تصرف ، فان تصميم ماسورة الصرف الصحى هو فى الواقع تطبيق القوانين السابقة على ماسورة دائرية ممتلئة ولكن ليست تحت ضغط – هذه القوانين تحتوى على خمسة متغيرات Q ، V ، D ، n ، S – إذا علم ثلاثة منها أمكن معرفة الاثنان الباقيان – إلا فى حالة معرفة Q ، V ، D فلا يمكن تحديد قيمة n ، S .

مثال : أوجد المجاهيل فى الجدول الآتى :

	Q م ٣/ثانية	V متر/ثانية	D س م	S	n
آ	٢,٧	٢,٤	—	—	٠,٠١
ب	—	٢,٤	١٢٠	—	٠,٠٢
جـ	٢,٨	—	١٢٠	—	٠,٠١
د	٢,٨	٢,٤	—	٠,٠١٢٣	—
هـ	—	—	١٢٠	٠,٠١٢٣	٠,٠٢
و	٢,٨	—	١٢٠	٠,٠١٢٣	—
ز	٢,٨	—	—	٠,٠١٢٣	٠,٠٢
ح	—	٢,٤	١٢٠	٠,٠٠٢٦	—
ط	—	٢,٤	١٢٠	٠,٠٠٢٦	٠,٠١

الحـــل (ا) :-

مساحة المقطع A = $\frac{٢,٧}{٢,٤}$ = ١,١٣ متر٢

.٠. القطر = ١٢٠ سم

السرعة V = $\frac{1}{n}$ $R^{2/3}$ $S^{1/2}$

.٠. ٢,٤ = $\frac{١}{٠,٠٢}$ × (١٫٢٠/٤)٢/٣ $S^{1/2}$

.٠. S = ٠,٠٠٢٦

الحـــل (ب) :-

التصرف Q = A V = (١٫٢/٤)٢ × ٣.١٤ × ٢.٤

= ٢,٧ متر٣/ثانية

V = $\frac{1}{n}$ $R^{2/3}$ $S^{1/2}$

.٠. ٢.٤ = $\frac{١}{٠,٠٢}$ × (٢٫٤/٤)٢/٣ $S^{1/2}$

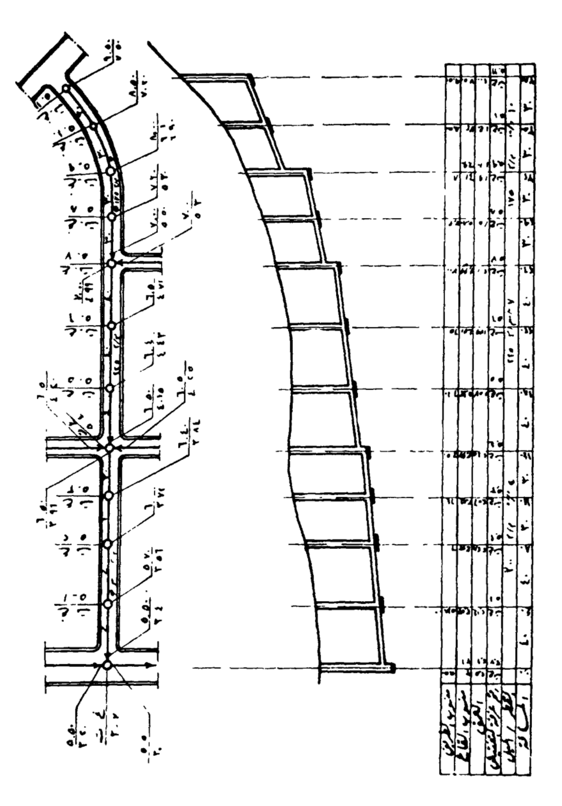
.٠. S = ٠.٠١٢٣

وهكذا يستمر الحل لباقى الحالات .

القطاعات الطولية للمواسير

وبعد اتمام تصميم مختلف مواسير الشبكة ـ أى تعيين القطر والميل يرسم قطاعات طولية لخطوط المواسير المختلفة مبيناً على هذه القطاعات البيانات الهامة الآتية شكل (١٤ ـ ٣) :

منسوب قاع الماسورة ، قطر الماسورة ، ميل الماسورة نوع الماسورة أماكن تقاطع المواسير حيث توضع غرف التفتيش (كما سنرى فيما بعد).



شكل رقم ١٤ ـ ٣

مثال : المطاوب إيجاد قطر وميل ماسورة الصرف الصحى إذا علم أن التصرف المتوسط (Q_{ave}) المنتظـر وصوله إلى الماسورة هو ٨٦٥٠ متر مكعب/اليوم وإن أدنى تصرف يساوى نصف التصرف المتوسط وان أقصى تصرف يساوى ضعف التصرف المتوسط .

الحـــل :

التصرف المتوسط = ٨٦٥٠ متر مكعب/يوم
= ٠.١ متر مكعب/الثانية
∴ أدنى تصرف = ٠,٠٥ متر مكعب/ثانية
وأقصى تصرف = ٠,٢ متر مكعب/ثانية

بفرض أن الماسورة تحمل أدنى تصرف بعمق يساوى ثلث قطر الماسورة سبق أن وجدنا أن التصرف عند امتلاء القطاع = ٤.٢٥ × أدنى تصرف .

∴ Q = ٤,٢٥ × ٠,٠٥
= ٠.٢١٢٥ متر مكعب/ ثانية
وبفرض السرعة = ٩٥ سم/الثانية
∴ مساحة القطاع = ٢٢٤٠ سم٢
∴ القطـر = ٥٤ سم

ولما كان هذا القطر لا يتواجد فى السوق نختار الأكبر منه مباشرة وهو ٦٠ سم (٢٤ بوصة)

∴ مساحة القطاع = $\frac{(٦٠)^{٢} \times ٣,١٤}{٤}$ = ٢٨٢٦ سم٢
∴ السرعة عند امتلاء القطاع = ٧٥ سم/الثانية

وبفرض المعامل n = ٠.٠١٥ فى معادلةماننج

$$\therefore = V \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$0.75 = \frac{1}{0.015} \left(\frac{0.6}{4} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

$$\therefore S = 0.0015$$

أى أن قطر الماسورة هو ٦٠ سم وميلها ١.٥ : ١٠٠٠ وبالاشارة إلى شكل (١٤ — ٢) نجد أن :

$$\frac{Q_{ave}}{Q_{full}} = \frac{0.1}{0.212} = 0.47$$

ومن المنحنيين $\frac{v}{Vf}$ ، $\frac{q}{Q}$ فى نفس الشكل نجد أنه عندما تكون $\frac{q}{Q}$ = ٠,٤٧ تكون $\frac{v}{Vf}$ = ٠.٩٧

∴ السرعة عند التصرف المتوسط = ٧٥ × ٠.٩٧ = ٧٣ سم

وهى أكثر من ٦٠ سم/الثانية .

كما أن عند أدنى تصرف : —

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = \frac{0.05}{0.212} = .235$$

ومن المنحنيين $\frac{v}{Vf}$ ، $\frac{q}{Q}$ فى نفس الشكل نجد أنه عندما تكون $\frac{q}{Q}$ = ٠.٢٣٥

تكون $\frac{v}{Vf}$ = ٠.٨٥

∴ السرعة عند أدنى تصرف = ٧٥ × ٠.٨٥ = ٦٣ سم /الثانية

وهى أكثر من ٥٠ سم/الثانية .

هذه هى الطريقة الحسابية إلا أنه تيسيراً للعمل يمكن إيجاد الأقطار والميول للمواسير التصرف الصحى مباشرة بعد إيجاد قيمة كل من التصرف المتوسط وأدنى تصرف ، أقصى تصرف . والتصرف عند امتلاء القطاع . ثم باستعمال المنحنيات الخاصة والموضحة للعلاقة بين المتغيرات فى معادلة مانتج (شكل ١٤ - ٤) .

Q DISCHARGE, IN LITERS PER SECOND, Q

D DIAMETER OF PIPE, IN MILLIMETERS, D

TURNING LINE

n MANNING'S ROUGHNESS COEFFICIENT, n

V (VELOCITY M / SEC)

S SLOPE OF PIPE

شكل رقم ١٤ — ٤

مثال : المطلوب تصميم ماسورة الصرف الصحى فى المثال السابق باستعمال النوموجرام المبين فى (شكل ١٤ – ٤) .

الحـــل : التصرف المتوسط = ٠,١ متر٣/ثانية

أدنى تصرف = ٠,٠٠٥ متر٣/ثانية

التصرف للقطاع ممتلىء = ٠.٢١٢٥ متر٣/ثانية

نفترض السرعة عند امتلاء القطاع = ٩٥ سم/ثانية

نصل ما بين النقطة المبينة للسرعة ٩٥ سم/ثانية على محور السرعة والنقطة المبينة للتصرف ٢١٢.٥ لتر/ثانية على محور التصرف – الخط الواصل ما بين النقطتين سيقطع محور الأقطار عند نقطة تبين أن القطر المناسب هو ٥٢.٥ مم – ولما كان هذا القطر غير موجود فى السوق نختار القطر الأكبر مباشرة وهو ٦٠٠ مم . ونصل ما بين نقطة التصرف ٢١٢.٥ لتر/ثانية ونقطة القطر ٦٠٠ مم فنجد أن هذا الخط يقطع محور السرعة عند ٧٥ سم/ثانية كما يقطع محور الدوران فى نقطة – نصل ما بين هذه النقطة آ والقيمة ٠.٠١٥ على محور المعامل ;ν فى معادلةماننج ونمد الخط ليقطع محور الميل عند قيمة الميل المطلوب ونجد أنها ٠,٠٠١٦ .

المواد التى تصنع منها مواسير الصرف الصحى

يشترط فى مواسير الصرف الصحى عامة الشروط الآتية :

١ – أن تكون مصنوعة من مادة صماء ما أمكن لا ينفذ منها الماء أو الغازات .

٢ – أن تكون ملساء السطح الداخلى .

٣ – أن تتحمل الضغوط التى تقع عليها من الخارج دون أن تتعرض للكسر أو التلف .

٤ — أن تكون مستقيمة خالية من الانحناء .

وتصنع مواسير المجارى من المواد الآتية :

١ — مواسير فخار حجرى مزجج .

٢ — مواسير خرسانية عادية .

٣ — مواسير خرسانية مسلحة .

٤ — مواسير خرسانية مبطنة بالفخار المزجج .

١ — المواسير الفخار المزجج

تصنع مواسير المجارى من الفخار بأقطار أقصاها ٣٦" بحيث يكون لكل منها رأس وذيل (شكل ١٦٣) ويشترط فيها المواصفات الآتية :

١ — أن تكون مطلية من الداخل والخارج بطلاء الملح الأسمر ولا تتأثر بالأحماض أو الغازات المتوالدة فى المخلفات السائلة .

٢ — أن تكون تامة الاستقامة خالية من الاعوجاج أو التشويه مستديرة القطاع خالية من التشقق .

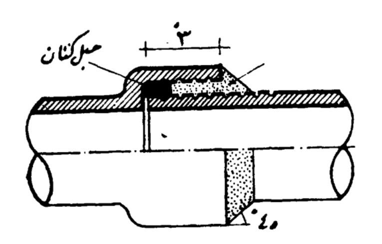
٣ — ألا يقل سمك جدرانها على $\frac{1}{12}$ من قطرها على ألا يقل السمك بأى حال من الأحوال عن ثلاثة أرباع البوصة .

٤ — أن تكون تامة الاحتراق وتعطى عند طرقها رنينا حاداً وأن يظهر عند كسرها مادة متجانسة ذات لون منتظم .

٥ — ألا يقل سمك المسافة الدائرية المعدة للحام ما بين الرأس والذيل عن نصف بوصة . وعمق الرأس عن ثلاثة بوصات (شكل ١٤ — ٥)

٦ — أن تكون من مادة صماء نسبياً لا تمتص ماء أكثر من :

٦ ٪ من وزنها للمواسير ذات سمك $\frac{3}{4}$ بوصة فأقل



شكل ١٤ — ٥

٧ ٪ من وزنها للمواسير ذات سمك ¾ بوصة —> بوصة
٨ ٪ من وزنها للمواسير ذات سمك بوصة ¼ —> ١ بوصة
٩ ٪ من وزنها للمواسير ذات سمك بوصة ½ —> ١ بوصة
١٠٪ من وزنها للمواسير ذات سمك أكثر من بوصة ونصف .

وطريقة إجراء هذا الاختبار هو كالآتى :

(ا) يؤخذ قطعة من جسم الماسورة سطحها حوالى عشرة بوصات مربعة .

(ب) تسخن حتى درجة ١٥٠° مئوية حتى يتم جفافها ثم تبرد وتوزن .

(ج) تغمر فى ماء بارد ثم ترفع درجة حرارة الماء حتى الغليان وتبقى العينة فى الماء عند درجة الغليان لمدة ساعة .

(د) بعد تبريد الماء تؤخذ العينة وتجفف وتوزن ثانية والفرق بين الوزنين يوضح نسبة الامتصاص .

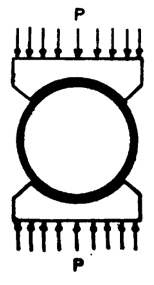
٧ — أن تتحمل ضغطاً مائياً قبل تركيبها لا يقل عن عشرين رطل على البوصة المربعة (١٫٤ كيلوجرام/سنتيمتر مربع) من الداخل بدون ظهور الرشح على السطح الخارجى للجدار لمدة عشر ثوانى على الأقل.

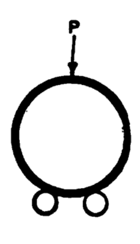
٨ — أن تتحمل المواسير الأثقال الخارجية الموضحة فى جدول رقم (١٤ — ٤) عند اختبارها باحدى طريقتين :

a) Sand bearing test

b) Three edge bearing test.

والموضحتين فى شكل رقم (١٤ — ٦).





شكل رقم ١٤ — ٦

طريقة لحام مواسير الفخار :

تصنع مواسير الفخار بحيث يكون لكل منها رأس وذيل، وتعمل الوصلات بأن يدخل ذيل الماسورة فى رأس الماسورة المجاورة ثم يوضع فى الفراغ بين الذيل والرأس حلقة من حبل الكتان المشبع بالأسمنت اللبانى ثم يدك جيداً ثم يملأ الفراغ الباقى بمونة الأسمنت والرمل ١ : ١ وتنتهى اللحامات عادة مشطوفة بزاوية ٤٥ درجة (شكل ١٤ — ٥) ولاستعمال حبل الكتان الفوائد الآتية :

جدول رقم (١٤ — ٤)

قطر الماسورة بالبوصة	الأثقال الواجب للماسورة تحملها (رطل على المقدم الطولى) Three edge bearing test	Sand bearing Test.
٦	١١٠٠	١٦٥٠
٨	١٣٠٠	١٩٥٠
١٠	١٤٠٠	٢١٠٠
١٠	١٤٠٠	٢١٠٠
١٢	١٥٠٠	٢٢٥٠
١٥	١٧٥٠	٢٦٥٠
١٨	٢٠٠٠	٣٠٠٠
٢١	٢٢٠٠	٣٣٠٠
٢٤	٢٤٠٠	٣٦٠٠
٢٧	٢٧٥٠	٤١٢٥
٣٠	٣٢٠٠	٤٨٠٠
٣٣	٣٥٠٠	٥٢٥٠
٣٦	٣٩٠٠	٥٨٥٠

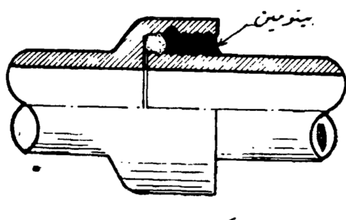
(ا) ضمان استقامة محاور المواسير المتجاورة .

(ب) منع تسرب مونة الأسمنت والرمل إلى داخل الماسورة .

(ج) تثبيت المواسير فى موضعها وعدم هبوطها وتلف لحاماتها قبل جفاف الأسمنت .

إلا أن من عيوب استعمال مونة الأسمنت والرمل فى لحام المواسير ، صلابة الوصلة مما قد يسبب حدوث شرخ فيها لأى هبوط فى المواسير مما

ولذلك يفضل أحياناً إستبدال مونة الأسمنت والرمل بمواد بيتومينية تسخن حتى درجة ٤٦٠ ° فهرنهايت (٢٠٥ سنتجراد) ثم تصب فى الفراغ ما بين الرأس والذيل (شكل ١٤ — ٧).



شكل رقم ١٤ — ٧

٢ — المواسير من الخرسانة العادية

تصنع مواسير الصرف الصحى من الخراسانة العادية إذا لم يتجاوز القطر ٢٤ بوصة — وقد شجع على تصنيع مواسير الصرف من الخرسانة تواجد المواد الأولية اللازمة لهذه الصناعة وهى الرمل والزلط فى أماكن كثيرة محيطة بالمدن التى تنشأ فيها مشروعات الصرف الصحى — وهى تصنع فى موقع العمل إذ أن نقل الأسمنت من المصنع إلى موقع العمل أسهل بكثير من نقل المواسير من المصنع إلى موقع العمل — إلا أن هذا يستوجب دقة الاشراف على التصنيع — وتصنع هذه المواسير بحيث يكون لكل منها رأس وذيل ، على ألا يتجاوز طول الماسورة ١٨٠ سم .

ويشترط فى المواسير من الخرسانة العادية الشروط الآتية :

١ — أن تكون . ة الاستقامة خالية من الاعوجاج أو التشويه . مستديرة القطاع خالية من التشقق .

٢ — أن تكون صماء نسبياً وفى هذا الصدد لا يزيد امتصاصها للماء عما هو مبين فى مواصفات المواسير الفخار .

٣ — أن تتحمل ضغطاً هيدروستاتيكيا يختبر بايقاف الماسورة على ذيلها ثم ملئها بالماء ، ويجب ألا يظهر أى تسرب من جدرانها أو بقع منداه (damp spots) بعد خمسة عشر دقيقة من البدء فى الاختبار .

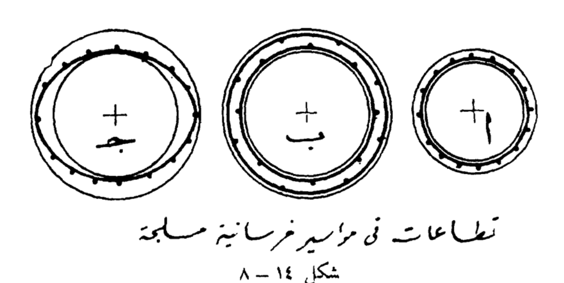
٤ — أن تتحمل الضغوط الخارجية المبينة فى الجدول (١٤ — ٤) أسوة بالمواسير الفخار المزجج المضروب بالملح

طريقة لحام المواسير من الخرسانة العادية :

تتبع نفس طريقة لحام المواسير من الفخار المزجج .

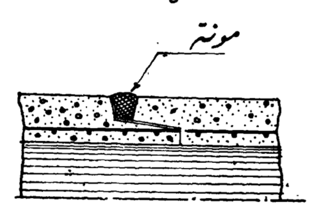
٣ — المواسير من الخرسانة المسلحة

وهذه تصنع بأقطار ٢٤ بوصة فأكثر نظرا لعدم إمكان تصنيع هذه الأقطار الكبيرة من الخرسانة العادية . كما أنها تصنع عند الضرورة بأقطار أصغر من ذلك — وتحتوى المواسير الخرسانة المسلحة على تسايح دائرى وتسايح طولى . الأول ليكسبها قوة تحمل الضغط الخارجى الواقع عليها والثانى لتثبيت التسليح الدائرى وكذلك لمنع أى تشققات طولية فى الماسورة (والشكل رقم ١٤ — ٨) يبين طريقة وضع التسليح إلا أنه فى حالة استعمال الطريقة (ج) فى الرسم يجب وضع علامة على الراسم العلوى للماسورة . حتى توضع فى الوضع الصحيح فى الموقع ويوضح (الشكل رقم ١٤ — ٩) طريقة لحام مواسير الخرسانة المسلحة مع بعضها .



قطاعات فى مواسير خرسانية مسلحة

شكل ١٤ – ٨



لحام المواسير الخرسانية المسلحة

شكل رقم ١٤ – ٩

٤ – مواسير الخرسانة المسلحة المبطنة بالفخار المزجج

لما كانت المواسير الخرسانية العادية أو المسلحة عرضة للتآكل نتيجة للغازات المتصاعدة من المخلفات السائلة والتى تتفاعل مع الأسمنت الموجود فى الخرسانة محولة إياه إلى مواد غير متماسكة عبارة عن كبريتات الكالسيوم والحديد والألمنيوم فأنه يحسن تبطين المواسير الخرسانية بألواح من الفخار المزجج – إذ أن الألواح الفخارية المزججة قدرة على مقاومة التآكل أكثر من الخرسانة .

والألواح المستعملة تكون ٤٠ × ٢٠ سنتيمتر – ذات نتوءات فى السطح الخلفى ليسهل تماسكها مع الخرسانة .

أما طريقة تسليح هذه المواسير وكذلك طريقة لحامها فهى مثل المواسير الخرسانية المسلحة الأخرى .

الضغوط الخارجية على المواسير

لقد أثبتت التجارب التى تمت فى جامعة ولاية أيوا بأمريكا تحت أشراف البروفيسير انسون مارستون (Prof. Anson Marston-Iowa State University) أن الأثقال الناتجة عن الردم على الماسورة يتحملها الربع العلوى من الماسورة كما أن رد فعل الأرض على الماسورة يتحمله الربع الأسفل من الماسورة وأن كل من هذه الأثقال ورد الفعل يكاد يكون منتظم التوزيع على الربع الذى يؤثر عليه ويتوقف هذا الانتظام على مدى العناية بعملية الردم .

$$W = C\ w\ B^2$$

حيث W = الحمل بالرطل على القدم الطولى للماسورة .

C = معامل ثابت يتوقف على نوع الردم والنسبة بين عمق الخندق وعرضه (جدول ١٤ – ٥) .

B = عرض الخندق بالقدم مقاساً عند نهاية الربع العلوى للماسورة وهو يساوى مرة ونصف القطر مضافاً إليه ١٢ بوصة اى يساوى (٣/٢ × القطر + ١٢") .

w = وزن مادة الردم بالرطل/قدم مكعب . (جدول ١٤ – ٦)

جدول رقم (١٤ — ٥)

قيمة الثابت « C » فى معادلة مارستون

النسبة بين عمق الردم وعرض الخندق	ردم من الرمل أو التربة العادية المرطبة بالماء	ردم من التربة العادية المشبعة بالمـــاء	ردم من الطين المرطب بالماء	ردم من الطين المشبع بالماء
٠.٥	٠.٤٦	٠.٤٦	٠.٤٧	٠.٤٧
١.٠	٠.٨٥	٠.٨٦	٠.٨٨	٠.٩٠
١.٥	١.١٨	١.٢١	١.٢٤	١.٢٨
٢.٠	١,٤٦	١,٥٠	١,٥٦	١.٦٢
٢.٥	١.٧٠	١ ٧٦	١.٨٤	١.٩٢
٣.٠	١.٩٠	١.٩٨	٢.٠٨	٢.٢٠
٣.٥	٢.٠٨	٢.١٧	٢.٣٠	٢.٤٤
٤.٠	٢.٢٢	٢.٣٣	٢.٤٩	٢.٦٦
٤.٥	٢.٣٤	٢.٤٧	٢.٦٥	٢.٨٧
٥ ٠	٢,٤٥	٢ ٥٩	٢,٨٠	٣.٠٣
٥ ٥	٢,٥٤	٢ ٦٩	٢,٩٣	٣.٩
٦ ٠	٢,٦١	٢ ٧٨	٣,٠٤	٢.٣٣
٦ ٥	٢,٦٨	٢ ٨٦	٣,١٤	٣.٤٦
٧ ٠	٢,٧٣	٢ ٩٣	٣.٢٢	٣.٥٧
٧ ٥	٢,٧٨	٢ ٩٨	٣.٣٠	٣.٦٧
٨ ٠	٢,٨١	٣ ٠٣	٣,٣٧	٣.٧٦
٨ ٥	٢.٨٥	٣ ٠٧	٣.٤٢	٣ ٨٥
٩ ٠	٢.٨٨	٣.١١	٣.٤٨	٣.٩٢
٩ ٥	٢.٩٠	٣ ١٤	٣, ٢	٣.٩٨
١٠ ٠	٢,٩٢	٣ ١٧	٣.٦٥	٤.٠٤
١١ ٠	٢,٩٥	٣ ٢١	٣.٦٣	٤.١٤
١٢.٥	٢.٩٧	٣.٢٤	٣.٦٨	٤ ٢٢
١٣.٠	٢.٩٩	٣.٢٧	٣.٧٢	٤.٢٩
١٤.٠	١.٠٠	٣ ٢٨	٣.٧٥	٤.٣٤
١٥.٠	٣ ٠٦	٣.٣٠	٣.٦٧	٤.٣٨
١٦.٠	٣.٣٠	٣ ٣٣	٣ ٨٥	٤.٥٥

جدول ١٤ — ٦

مادة الردم	الوزن (بالرطل/قدم٢)
رمل جاف	١٠٠
رمل مرطب بالماء	١١٥
رمل مبلول	١٢٠
طين مرطب بالماء	١٢٠
طين مشبع بالماء	١٣٠
تربة عادية مشبعة بالماء	١١٥
تربة عادية مرطبة بماء	١٠٠

مثال : المطلوب ايجاد الأحمال على القدم الطولى لماسورة صرف صحى قطر ٢٤ بوصة موضوعة على عمق ١٢ قدم إذا كانت مادة الردم من الطين المرطب بالماء (الوزن = ١٢٠ رطل /القدم المكعب) .

الحل :

عرض الخندق = B = 12 + $\frac{3D}{2}$

= 48" = 4'

عمق الخندق = ١٢ قدم

∴ قطر الماسورة = ٢٤ بوصة = ٢ قدم

∴ عمق الردم = ١٢ — ٢ = ١٠ قدم

∴ $\frac{D}{B}$ = ١٠ ÷ ٤ = ٢,٥

∴ من الجدول ١٤ — ٤ نجد أن C = ١,٨٤

$$\therefore W = C\ w\ B^2$$

$$= 1.84 \times 120 \times 4^2$$

$$= 3530 \text{ lb/ft Length}$$

أى أن القدم الطولى يتعرض لضغط خارجى قدره ٣٥٣٠ رطل .

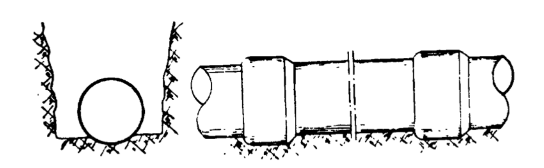
طريقة تنفيذ خط مواسير الصرف :

تتلخص تنفيذ شبكة المجارى فى الخطوات الآتية :

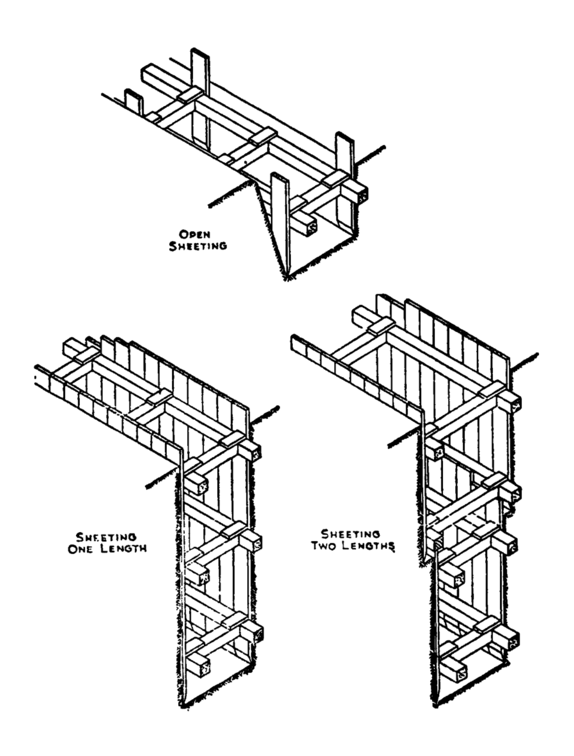
١ – يحدد محور الماسورة ويفضل أن يكون فى محور الطريق إن أمكن حتى تتساوى فى الطول الوصلات المنزلية إلى المنازل على جانبيه إذ أن ملاك المنازل هم الذين يدفعون تكاليف هذه الوصلات .

٢ – يحدد نصف عرض الخندق على كل من جانبى المحور .

٣ – يبدأ فى الحفر حتى العمق المطلوب ويكون هنا الحفر إما يدوياً أو آلياً مع تشكيل القاع بحيث تستند الماسورة على ربع محيطها بالكامل وليس على الرأس الأسفل فقط (شكل ١٤ – ١١) وكذلك مع عمل الفراغات اللازمة لرأس الماسورة – كذلك توضع الشدات اللازمة لمنع انهيار الأتربة ويتوقف نوع هذه الشدات ومدى العناية بها على عمق الحفر ونوع التربة التى يتم فيها (والشكل رقم ١٤ – ١٢) يبين أنواع لهذه الشدات .

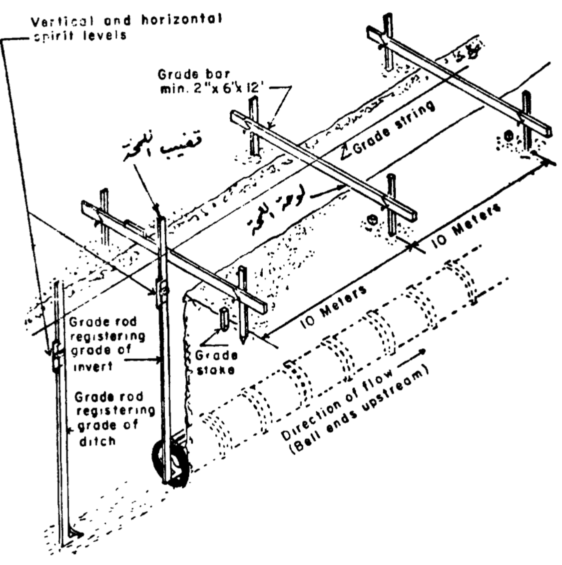


شكل رقم ١٤ – ١١



شكل رقم ١٤ — ١٢

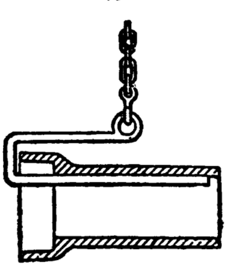
٤ — للتأكد من وصول الحفر إلى العمق المطلوب تستعمل لوحة اللمحة (Sight rail) وقضيب أو شاخص اللمحة (grade rod) شكل ١٤ — ١٣) وتتكون لوحة اللمحة من قائمين رأسيين كل قائم على أحد جوانب الحفر ومثبت فيهما لوح أفقي — ويثبت هذا اللوح الأفقي على مناسب معينة بحيث يكون الفرق بين منسوب لوحين متتالين مساوياً للفرق بين منسوب الماسورة عند موضعي اللمحة . أى أن الخط الوهمى الواصل بين سطحي اللوحين يكون موازياً لقاع الماسورة .



شكل رقم ١٤ — ١٣

وقضيب اللمحة عبارة عن شاخص رأسى له قدمة بأسفله ومثبت بأعلاه لوح خشبي قصير بحيث يكون طول اللمحة مساوياً للفرق بين منسوب لوح اللمحة ومنسوب قاع الماسورة .

٥ — وتنزل المواسير إلى القاع باستعمال خطافات وسلاسل خاصة (شكل ١٤ — ١٤) ويبتدأ المواسير من أسفل نقطة فى الخط وبحيث يكون الرأس متجهاً إلى أعلى وتثبت بحيث يكون اللوح الخشبي فى أعلى قضيب اللحمة على خط النظر للوحتى اللمحة وقدمه قضيب اللمحة على قاع الماسورة عندئذ يكوّن قاع الماسورة على المنسوب المطلوب (شكل ٤ — ١٣) ويستمر انشاء الخط بوضع ذيل كل ماسورة فى رأس سابقتها مع التأكد من المناسب بالطريقة المذكورة أعلاه باستعمال قضيب اللمحة .

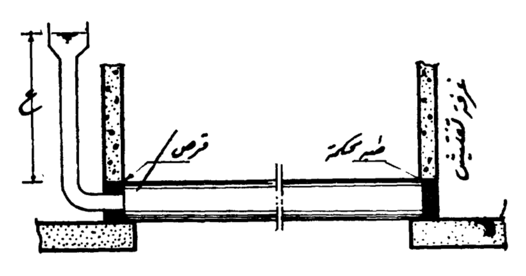


شكل رقم ١٤ — ١٤

٦ — بعد ذلك يتم لحامها بالطرق السابق شرحها — ثم يجرب للتأكد من سلامة المواسير واللحامات وذلك بضغط الماء فى خط المواسير .

اختبار ضغط الماء فى المواسير :

ويتم هذا الاختبار بسد الطرف الأسفل لخط المواسير المراد اختبارها بواسطة قرص مطاط محكم — كما يركب فى الطرف العلوى من خط المواسير



اختبار المواسير

شكل رقم ١٥ – ١٤

قرص به فتحة متصلة بأنبوبة رأسية محكمة اللحام ثم يملأ خط المواسير وكذلك الماسورة الراسية بالماء حتى ارتفاع معين (شكل ١٤ – ١٥) وتختلف المواصفات فى قيمة هذا الارتفاع . والشروط الواجب توافرها فى الماسورة تحت هذا الضغط – وتنص مواصفات الهيئة العامة للصرف الصحى – مرفق مجارى الاسكندرية – على أن يكون هذا الارتفاع مترا واحداً فوق رأس آخر بربخ – وبعد مضى وقت كاف لامتصاص اللحامات يصير وزن منسوب الماء الموجود فى الماسورة الرأسية – وبعد مضى عشرة دقائق أخرى يجب ألا تزيد كمية الماء الوجب اضافتها إلى الماسورة الرأسية ليعود منسوب الماء فيها إلى ماكان عليه عن الآتى لكل جزء من الماسورة طوله ٥٠ متر :

مواسير قطر ٢٠ سم (٨ بوصة) : ٢ لتر

مواسير قطر ٢٥ سم (١٠ بوصة) : ٣,١٢٥ لتر

مواسير قطر ٣٠ سم (٢ بوصة) ٣ : ٤,٥ لتر

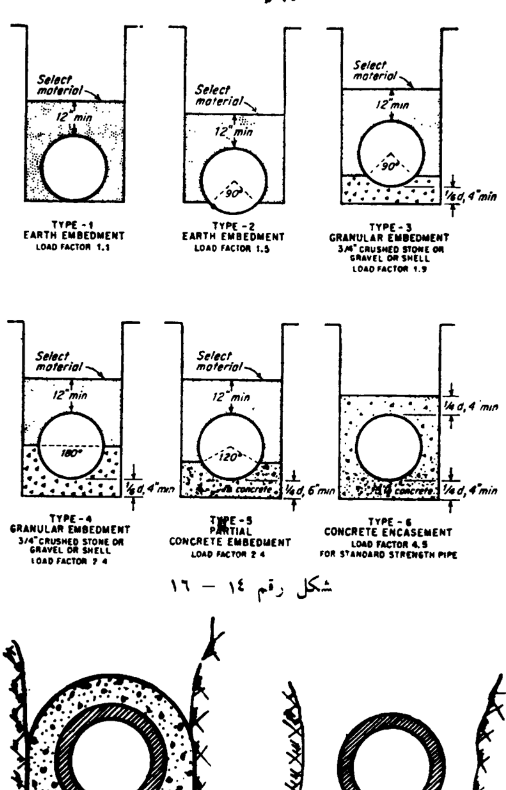
بينما تكتفى مواصفات أخرى بالنص على عدم ظهور آثار رشح فى جسم الماسورة أو الحامات بعد استمرار حفظ الماء لمدة خمسة عشر دقيقة بارتفاع متران .

٧ — بعد التأكد من سلامة الوصلات بردم الخندق بالأتربة المزالة أصلا عند الحفر مع استبعاد الأحجار والأجسام الكبيرة منه — على أن يكون الردم على طبقات ارتفاع كل طبقة حوالى خمسة عشر سنتيمترا وتدك هذه الطبقات بعناية حوّل الماسورة وفوقها حتّى ارتفاع ٥٠ سنتيمترا من راسمها العلوى — وبعد ذلك يمكن زيادة ارتفاع الطبقات حتّى ثلاثين سنتيمترا .

تغليف المواسير بالخرسانة :

يفضل فى بعض الأوقات عمل فرشة من الخرسانة تحت المواسير الفخار أو الخرسانة العادية بل أن فى بعض الأحيان يفضل أن تغلف الماسورة بكامل محيطها بالخرسانة والغرض من ذلك هو زيادة قدره الماسورة على تحمل الضغوط الخارجية المؤثرة عليها وتتوقف طريقة التغليف على قطر الماسورة وعلى الأثقال التى تتعرض لها الماسورة . إذ أن كل طريقة للتغليف تزيد قوة تحمل المواسير للضغط الخارجى بنسبة معينة (Load factor) كما هو موضح فى الشكل رقم (١٤ — ١٦) الا أنه يمكن الاكتفاء من الناحية العملية بما تشترطه معظم المواصفات بتغليف الماسورة بالكامل بحيث لا يقل سمك التغليف عن ربع قطر الماسورة بحد أدنى عشرة سنتيمترات (شكل ١٤—١٧)

مثـال : فى المثال السابق وجدنا أن الماسورة قطر ٢٤" على عمق ١٢ قدم تتعرض لضغط خارجى قدره ٣٥٣٠ رطل على القدم الطولى — أوجد نوع التغليف اللازم لهذه الماسورة حتّى تتحمل هذا الضغط .



شكل رقم ١٤ — ١٦

شكل رقم ١٤ — ١٧

الحل : بالرجوع إلى جدول ١٤ — ٤ نجد أن الماسورة قطر ٢٤" تتحمل ضغطاً خارجياً بطريقة الثلاثة نقط للارتكاز (three edge bearing) قدره ٢٤٠٠ رطل على القدم الطولى — وتنص المواصفات الأمريكية على ضرورة عدم تعريض الماسورة لأكثر من ثلثاى هذا الضغط بدون تغليف أى أن أقصى ضغط مسموح تحميله على الماسورة بدون تغليف هو ١٦٠٠ رطل على القدم الطولى .

$$\therefore \frac{\text{الضغط الخارجى الفعلى}}{\text{الضغط المسموح به}} = \frac{٣٥٣٠}{١٦٠٠} = ٢.٢٠$$

∴ نختار طريقة التغليف ٤ أو ٥ الموضحة فى الشكل ١٤—١٦ حتى يمكن للماسورة تحمل الضغط الخارجى الواقع عليها .

صيانة شبكات الصرف الصحى :

والمقصود بصيانة شبكة الصرف هو تنظيفها وإزالة ماقد يكون قدرسب فى قاعها وعلى جوانبها من شوائب تقلل من قطاعها وبالتبعية تحد من قدرتها على حمل التصرف التصميمى المقدر لها أن تحمله — والصيانة الجيدة لشبكة المواسير تستلزم معرفة تامة بموقع الشبكة واتجاهات سير المخلفات السائلة فيها وكذلك توفير المعدات اللازمة لهذه الصيانة .

وقديما كان يعتمد على الطرق اليدوية البدائية بادخال عصا خرزانية متصلة ببعضها فى نهايته بوصلات نحاسية مقلوظة ، فى حجرة التفتيش فوق موقع السدد ويتوالى دفع العصى فى الماسورة تتحرك الرواسب من مكانها وتدفعها الماء المتجمع فى الماسورة أمامها .

أما الآن فيستعمل أجهزة ميكانيكية لقلقلة الرواسب المتماسكة وازالتها خارج المواسير والشكل (رقم ١٤ — ١٨) يوضح بعض المعدات المستعملة فى تنظيف المواسير . هذه المعدات تركب فى نهاية سلك مرن يلفع بطول الماسورة مع إدارته لولبيا بواسطة ماكينات خاصة كما هوموضع فى نفس الشكل.

المجمعات الرئيسية

Main Collectors

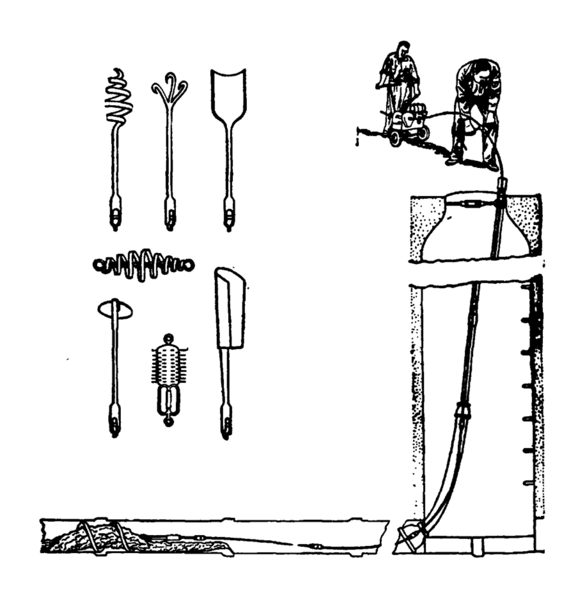
يطلق اسم المجمع على مواسير الصرف الرئيسية التي يزيد قطرها من ٩٠ سنتيمترا (ثلاثة أقدام) وتبنى هذه المجمعات بعد حفر الخندق للمنسوب المطلوب والميل المطلوب وقطاعها إما دائري أو على شكل حدوة الفرس أو بيضاوى وتبنى هذه المجمعات من الخرسانة العادية أو المسلحة وأحيانا من الطوب أو الحجر على أن يبطن السطح الداخلى بمونة الاسمنت والرمل على أنه يشترط مراعاة الآتى عند انشاء هذه المجمعات :

١ - يبطن الجزء العلوى فوق أوطى منسوب للماء فى المجمع - بالطوب الأزرق المزجج (Vitrified blue bricks) المبنى بمونة الأسمنت الفوندى والرمل وذلك لمقاومة الغازات المتصاعدة من المخلفات السائلة التى تجرى فى المواسير .

٢ - بياض السطح الخارجى للمجمع بمونة الأسمنت والرمل : ١ : ٢ وبسمك سنتيمتران مع اضافة مادة مانعة للرشح مثل السيكا أو بطبقة بيتوميفية وذلك لمنع مياه الرشح من التسرب داخل المجمع .

٣ - إذا كان قاع الخندق الذى يبنى فيه المجمع تحت منسوب المياه الجوفية فيجب وضع مواسير من الفخار أو الأسمنت ٤" أو ٦" بطول الخندق على أن تكون مفتوحة الوصلات محاطة بالزلط لكى يمر الماء الجوفى إلى داخل المواسير فيهبط منسوب الماء الجوفى مما يسهل عملية بناء المجمع .

٤ - تستعمل الشدات اللازمة لمنع انهيار جوانب الحفر على أنه يفضل انزال الجوانب الراسية للشدة إلى حوالى متر تحت منسوب الأساس للحد من مرور الماء من الجانبين إلى الخندق .

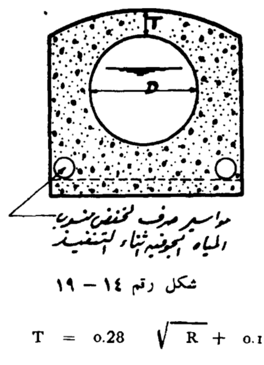


شكل رقم ١٤ ــ ١٨

٥ ــ تكون الخرسانة المستعملة لبناء المجمع بنسبة ٤ : ٢ : ١ ويفضل وضع حديد تسليح أو قضبان حديدية فى الجزء الأسفل لمبنى المجمع لتقويته فى الأماكن ذات الأرض الضعيفة .

المجمع المستدير (Circular Section) (بشكل ١٤ – ١٩) .

يمتاز بسهولة البناء مع قلة التكاليف وتحدد سمك العقد الخرسانى بالمعادلات الآتية :



شكل رقم ١٤ – ١٩

$$T = 0.28 \sqrt{R} + 0.1$$

وهى تعرف بمعادلة هل (C. D. Hull) وهى تناسب الأقطار الكبيرة .

أو المعادلة :

$$T = \frac{D + 1}{12}$$

وهى تعرف بمعادلة فولر (Fuller) وهى تناسب الأقطار الصغيرة .

حيث T = سمك العقد بالقدم .

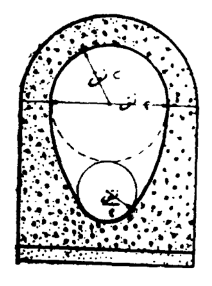
R = نصف القطر بالقدم .

D = القطر بالقدم .

إلا أنه يشترط ألا يقل سمك العقد فى كثير من الأحوال عن ٢٥ سنتيمتراً أما جوانب العقد وقاعة فيكون سمكها مرة ونصف على الأقل من سمك العقد .

المجمع البيضاوى (Egg Shape) (بشكل ١٤ — ٢٠) :

ويستعمل القطاع البيضاوى عندما يكون تصرف الطقس الجاف صغيراً بالنسبة لتصرف الطقس الممطر إذ أن السرعة فى الجزء الأسفل من القطاع البيضاوى تزيد عن السرعة فى الجزء المناظر فى القطاع الدائرى عند تساوى التصرفات فى كل منهما ومن ثم لا يحدث ترسيب عند هبوط التصرف فى فى المجمعات البيضاوية — والمقاسات الرئيسية للقطاع هى :



العمق الداخلى = ٣ نق

نصف قطر الدائرة العليا = نق

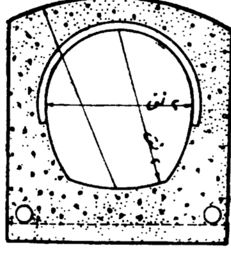
نصف قطر الدائرة السفلى = ½ نق

نصف قطر منحنى الجوانب = ٣ نق.

شكل رقم ١٤ — ٢٠

المجمع شكل حدوة الفرس (Horse Shoe section) (شكل ١٤ — ٢١) :

ويستعمل هذا القطاع عند كبر التصرفات مع تغير طفيف فى معدل التصرفات. إلا أن من عيوبه احتمال ترسيب الرمال وغيرها من الرواسب فى الزوايا بين الجدران والأرضية عند انخفاض السرعة — والمقاسات الرئيسية للمجمع هى :



نصف قطر الدائرة العليا = نق

العمق الكلى الداخلى = ٢نق —> ٢ ١/٢ نق

نصف قطر القاع = ٢ ١/٢ نق —> ٣ نق

نصف قطر الجوانب = ٢ ١/٢ نق —> ٣ نق

شكل ١٤ — ٢١

التآكل فى مواسير الصرف الصحى

تختلف مقاومة المواد التى تصنع منها مواسير الصرف الصحى فى مقاومة التآكل الناتج من تحلل المواد العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة — واشد هذه المواد مقاومة هى الفخار المزجج المضروب بالملح بينما أكلها مقاومة هى المواسير الخرسانية .

والسبب الرئيسى لتآكل الجدران الخرسانية للمواسير هو تولد كبريتور الهيدروجين داخل المخلفات السائلة نتيجـة للتحلل اللاهوائى للمواد العضوية الكبريتية . ثم تصاعد هذا الغاز إلى الهواء فى الجزء العلوى من الماسورة — ونتيجة لنشاط أنواع معينة من البكتريا يتأكسد كبريتور الهيدروجين ويتحول إلى حامض الكبريتيك الذى يتكثف على السطح الداخلى للجـزء العلوى للماسورة فيتفاعل مع الأسمنت فى الخرسانة مكونا رقائق هشة من كبريتات العناصر الداخلة فى صناعة الأسمنت مثل الكالسيوم والألمنيوم والحديد — هذه الرقائق الهشة يسهل تشققها وانفصالها عن الجدار الخرسانى للماسورة ومن ثم يتعرض سطح جديد من الخرسانة لتفاعل حامض الكبريتيك وهكذا حتى تتساقط حبيبات الرمل والزلط لضياع المادة اللاصقة لها وتتوقف كمية كبريتور الهيدروجين المتكونة فى المخلفات السائلة المتحللة على :

(ا) درجة تركيز المواد العضوية .

(ب) درجة الحرارة .

(ج) كمية الكبريتات الموجودة أصلا فى المواد العضوية .

واهم الطرق المتبعة للحد من تاكل المواسير الخرسانية هى :

(ا) المحافظة على سرعة عالية فى مواسير الصرف الصحى — هذه السرعة بالاضافة إلى منع الترسيب فانها تساعد على تهوية المخلفات السائلة وبالتبعية إمتصاص الأكسوجين الجوى الذى يبطل فاعلية كبريتور الهيدروجين .

(ب) اضافة الكلور إلى المخلفات السائلة ليتعادل مع كبريتور الهيدروجين وليحد من نشاط البكتريا التى تسبب التفاعلات المؤدية لتآكل الخرسانة .

(ج) تبطين المجمعات الرئيسية بألواح البلاستيك أو الطوب المقاوم للأحماض — على أن يلصق أى منهما مع الخرسانة بواسطة مركبات المطاط أو أى مادة أخرى مقاومة للأحماض .

الباب الخامس عشر

الاجهزة الاضافية فى شبكات الصرف الصحى

تحتاج شبكات الصرف الصحى بعض الأجهزة لضمان حسن تشغيلها وصيانتها والاشراف عليها وهذه تشمل :

١ — المطابق أو غرف التفتيش :	Manholes
٢ — بالوعات الشوارع	Street inlets
٣ — بالوعات تحجز الرواسب :	Catch basins
٤ — أحواض الدفق .	Flushing tanks
٥ — أجهزة قياس التصرف .	Measuring of flow devices
٦ — أحواض حجز الزيوت والدهون	Grease and oil traps
٧ — السيفونات المقلوبة .	Inverted siphons
٨ — منظمات التصرف .	Regulators

١ - المطابق Manholes

وتسمى أحياناً غرف التفتيش (inspection chamber) وهى عبارة عن ماسورة رأسية (Shaft) باتساع كاف لنزول العمال بداخلها ، تصل ما بين سطح الأرض والماسورة . وتكون الماسورة داخل الغرفة منزوعة الجزء العلوى منها وبذلك تظهر المخلفات السائلة أثناء سيرها فى الماسورة مما يسهل الكشف على الماسورة وتنظيفها وتسليكها مما فيها من رواسب إن وجدت . كما تستعمل أحياناً بغرض تهوية المواسير أو دفق الرواسب فى المواسير بتسليط تصرف كبير من خرطوم حريق مثلا فى داخل المطبق .

وتوضع المطابق فى الاماكن الاتية :

١ — عند تغيير قطاع الماسورة .

٢ — عند تغيير نوع الماسورة .

٣ — عند تغيير اتجاه الماسورة .

٤ – عند تغيير ميل الماسورة :
٥ – عند تقابل ماسورتين :
٦ – كل مسافة مناسبة تتوقف على قطر الماسورة .

وتسمح بعض المواصفات أن تصل المسافة المسموح بها بين مطبقين متتالين كما هو مبين فى الجدول رقم (١٥ – ١) ، وذلك نظراً لكبر تكاليف إنشاء هذه المطابق مما يدعو إلى الاقلال منها كلما أمكن ذلك .

جدول رقم (١٥ – ١)

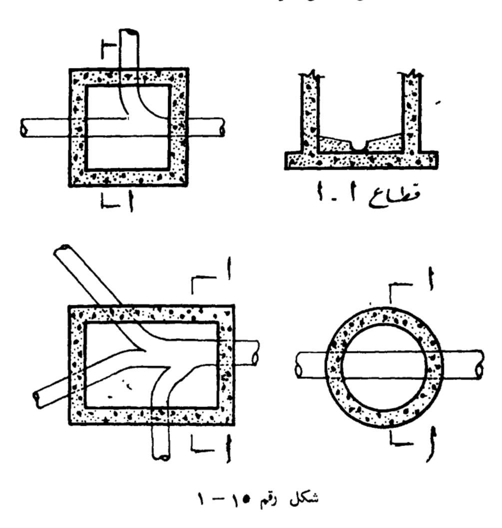
قطر الماسورة بالبوصة	أكبر مسافة بين مطبقين
٨	٩٠ متر ا ، ٣٠٠ قدم
١٠ – ١٥	١٢٠ متر ١ ، ٤٠٠ قدم
١٥ – ٤٨"	١٥٠ متر ١ ، ٥٠٠ قدم
أكبر من ٤٨"	١٨٠ متر ١ ، ٦٠٠ قدم

إلا أن الخبرة فى مصر تدعو إلى انتقاص هذه المسافات ، كما هو فى الجدول رقم (١٥ – ٢) :

جدول رقم (١٥ – ٢)

قطر الماسورة بالبوصة	أكبر مسافة بين مطبقين
٦ – ٨	٣٠ متر
٩ – ١٠	٤٠ متر
١٢ – ١٥	٥٠ متر
١٨ – ٣٦	٦٠ متر
٣٦ – ٤٨	١٠٠ متر
أكبر من ٤٨	١٥٠ متر

والمسقط الأفقى لحجرة التفتيش إما دائرى وهو الأكثر شيوعاً - أو مربع أو مستطيل أو بيضاوى (شكل ١٥ - ١) ويتوقف اختيار الشكل الذى تبنى به حجرة التفتيش على العوامل الآتية :

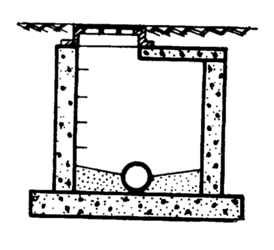


شكل رقم ١٥ - ١

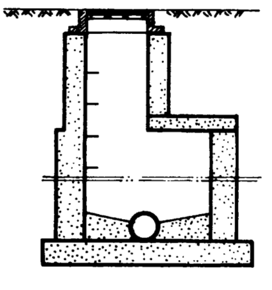
١ - الموقع	٢ - مادة البناء
٣ - عمق غرفة التفتيش	٤ - نوع التربة
٥ - عدد المواسير المتصلة بحجرة التفتيش وكذلك أقطارها .

على أنه يجب ألا تقل مقاسات المسقط الأفقى الداخلية للمطبق عن متر واحد إذا كان دائرياً أو مربعاً و ٠٫٨٠ متر × ١٫٢٠ متر إذا كان مستطيلا

أو بيضاويا . على أنه فى المطابق العميقة لا داعى لانشاء المطبق بهذه المقاسات بكامل ارتفاعه بل يكتفى بانشاء المطبق بهذه المقاسات حتى ارتفاع يقل قليلا عن مترين وهو الارتفاع الذى يكفل للعامل مكانا ليقف ويعمل ، على أن تقل مقاسات المقطع الأفقى بعد ذلك إلى ٠,٦٠ متر — ٠,٦٠ متر إذا كان مربعاً أو مستطيلا ، بقطر ٠,٦٠ متر إذا كان دائرياً أو بيضاوياً . (شكل ١٥ — ١ ، ١٥ — ٣ ، ١٥ — ٤) .



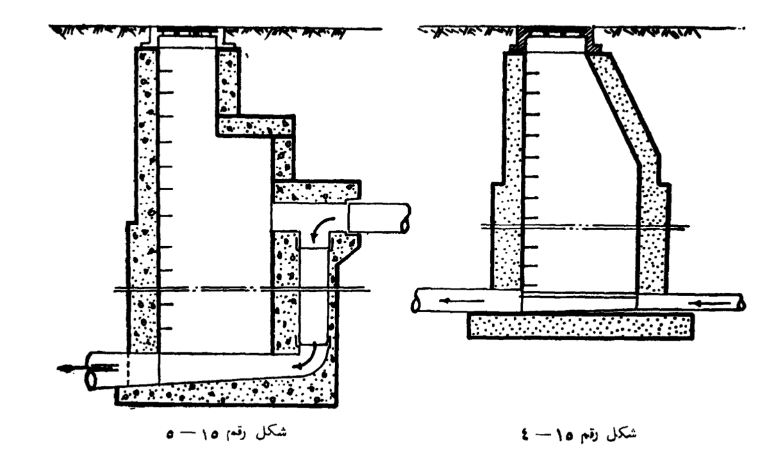
شكل رقم ١٥ — ٢



شكل رقم ١٥ — ٣

وتبنى المطابق حالياً من الخرسانة بنسبة ٢٥٠ كيلوجرام أسمنت للمتر المكعب ويفضل ألا تقل عن ٣٥٠ كيلوجرام أسمنت للمتر المكعب على ألا يقل سمك الحائط عن ٢٥ سنتيمتر فى أعلاه ويأخذ فى الزيادة كلما زاد ارتفاعها . على أنه يجب بياض الحائط من الداخل والخارج بمونة الأسمنت والرمل بنسبة ١ : ١ وذلك للحد من تسرب الماء الجوفية إلى داخل المطبق .

أما قاع المطبق فمن الخرسانة بسمك يتراوح من ٣٠ — ٥٠ سنتيمترا — على أن يشكل داخل المطبق ليكون قناة أو قنوات نصف دائرية تسير فيها



شكل رقم ١٥ — ٤

شكل رقم ١٥ — ٥

الماء على أن تصل هذه القنوات ببعضها بمنحنيات سهلة — ويملأ الفراغ ما بين القنوات وحائط المطبق بالخرسانة بحيث يكون سطحها العلوى متجها إلى أعلى بميل ١ : ١٠ من القناة إلى الحائط وبذلك تنزلق على هذا الميل إلى القناة أى رواسب قد تتجمع عليه (شكل ١٥ — ١) .

كما يجب أن يزود المطبق بالسلالم اللازمة لنزول وصعود العامل .

وتغطى المطابق بغطاء من الحديد الزهر من القوة بحيث يتحمل حركة المرور وهناك نوع خاص من المطابق يستعمل إذا تقابلت ماسورة على عمق صغير بماسورة على عمق كبير — وهذا ما يسمى بالمطبق الساقط أو الهابط (Drop Manbhole) (شكل ١٤ — ٥) وبذلك لا تصب الماسورة العليا فى تجويف المطبق بل تصل إلى الماسورة السفلى عن طريق ماسورة رأسية خارج تجويف المطبق .

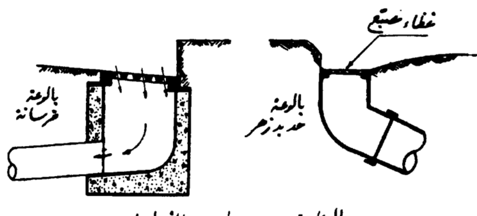
٢ - بالوعات الشوارع Street Inlets

وهذه عبارة عن صناديق أو غرف صغير سطحها العلوى مزود بفتحات طولية تسمح بمرور الماء دون الأوراق والفضلات التى قد توجد فى الشارع — وهى تبنى أو توضع على جانبى الطريق بجوار الرصيف مباشرة بحيث يكون السطح العلوى على منسوب سطح الطريق — هذه الصناديق متصلة بمواسير صرف مياه المطر عن طريق وصلات خاصة تصب فى أقرب غرفة تفتيش (شكل ١٥ — ٦ . ١٥ — ٧) وبذلك يمكن صرف مياه المطر من الشارع فتدخل فى الصندوق عن طريق الفتحات فى سطحه العلوى ومنه إلى الوصلة المؤدية إلى ماسورة صرف مياه الأمطار .

وتتوقف المسافة بين البالوعات على :

١ — الانحدار الطولى للطريق .

٢ — كمية المطر .

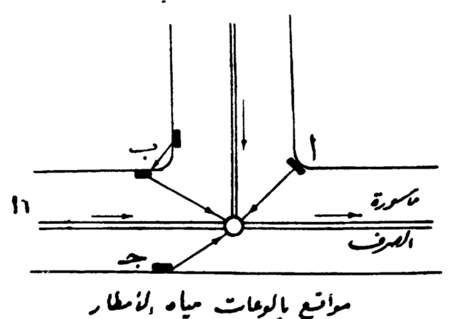


بالوعات مياه الأمطار

شكل رقم ١٥ — ٦ شكل رقم ١٥ — ٧

٣ — نوع رصيف الطريق — مع مراعاة عدم انشاء هذه البالوعات اطلاقا فى الشوارع الترابية أو التى لم ترصف بعد.

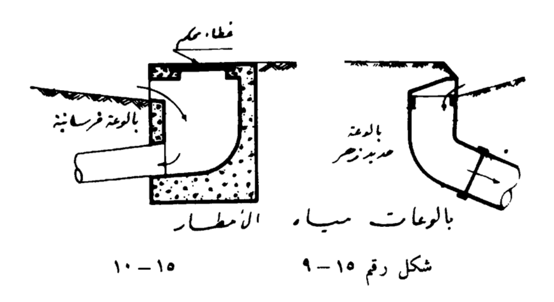
كما أن المسافة بين بالوعتين متتاليتين يجب ألا تزيد عن ٢٠٠ متر على أنه يفضل دائماً أن توضع البالوعة عند تقاطع شارعين فى الوضع «أ» أو الوضع «ب» (شكل١٥ — ٨) حتى تصرف مياه المطر من شارعين و ذلك اقتصاداً فى التكاليف.



مواقع بالوعات مياه الأمطار

شكل رقم ١٥ — ٨

• هناك نوع آخر من البالوعات توضع تحت الرصيف بحيث يدخل الماء من فتحات رأسية فى الجانب المواجه للطريق (شكل ١٥ – ٩ ، ١٥ – ١٠).



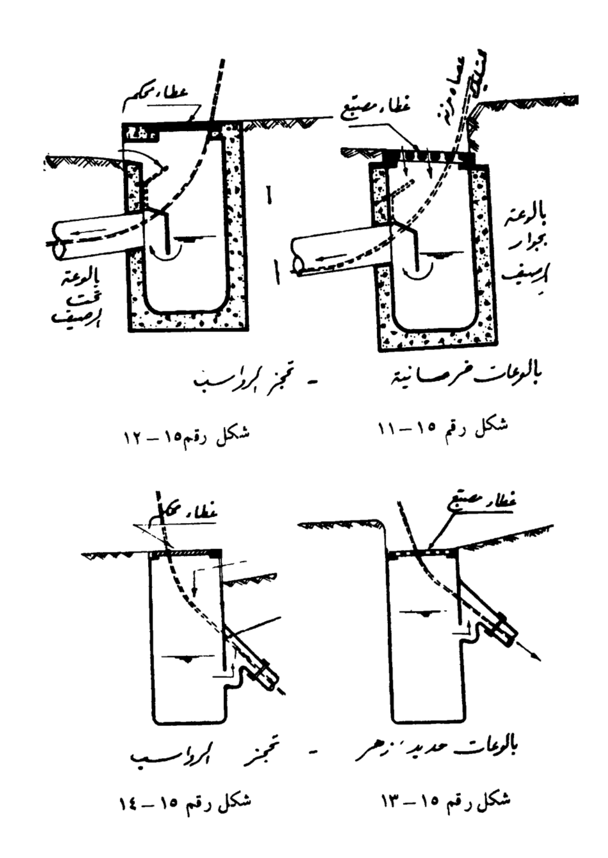
شكل رقم ١٥ – ٩ ١٥ – ١٠

وأى من هذين النوعين يكون عادة إما جاهز التصنيع من الحديد الزهر أو تبنى فى الموقع من المبانى أو الخرسانة مزودة بشبكات لمنع دخول الأوراق والفضلات إلى البالوعة .

٣ ـ بالوعات تحجز الرواسب

Street inlets with catch basins

يلاحظ أن البالوعات المذكورة أعلاه تحجز الأوراق والفضلات من الدخول إلى الماسورة ولكنها لا تحجز ما تحمله مياه المطر من رمال ، لذلك عمد بعض المهندسين إلى أن يكون مخرج مياه المطر من البالوعة على منسوب أعلى من منسوب قاع البالوعة — وبذلك يتكون منخفض يرسب فيه الرمل والفضلات الأخرى وهذه ما تسمى بالوعات تحجز الرواسب (شكل ١٥ – ١١ ، ١٥ – ١٢ ، ١٥ – ١٣ ، ١٥ – ١٤).



شكل رقم ١٥ – ١١

شكل رقم١٥ – ١٢

شكل رقم ١٥ – ١٣

شكل رقم ١٥ – ١٤

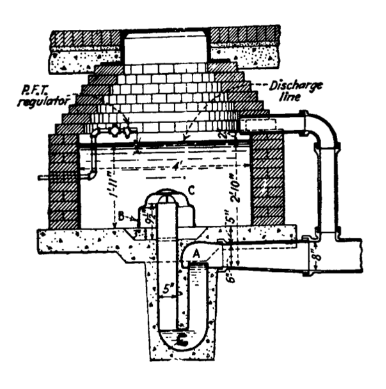
وبديهى أن الرواسب المتجمعة فى قاع هذا النوع من البالوعات يجب أن تزال على فترات تتوقف على سرعة تجميع الرواسب فى القاع – وهذا التنظيف أما يدوياً أو ميكانيكياً بشفط الرواسب بواسطة عربات مزودة بشفاطات خاصة – وفى الحقيقة يعتبر البعض ذلك عيباً فى هذا النوع ، إذ يرون أن لا مانع من مرور الرواسب إلى ماسورة الصرف ما دامت مصممة أصلا بحيث لا تقل السرعة فيها عن السرعة المنظفة (self cleansing) كما سبق ذكره وبذلك لا خوف من انسدادها بسبب تجمع هذه الرواسب

والبالوعات من هذا النوع أما جاهزة التصنيع من الحديد الزهر أو تبنى فى الموقع من الخرسانة أو المبانى مزودة بغطاء مصبع – تمنع الأوراق والفضلات من الدخول إلى البالوعة – وتزود أحيانا بحاجز يزيد من ضمان حجز المواد الطافية مثل الورق والقش والفضلات التى قد تجد طريقها إلى داخل البالواعة

٤ – احواض الدفق Flushing tanks

وهذا عبارة عن حوض مغطى يوضع تحت سطح الطريق فى نهاية المواسير المعرضة لرسوب المواد العالقة إلى قاعها نتيجة ضعف السرعة التى تجرى بها المخلفات السائلة فى الماسورة . وهذا الضعف فى السرعة ناتج من قلة التصرف الذى يمر فى الماسورة أو ضعف انحدار الماسورة .

ويبنى الحوض على فرشة من الخرسانة من الطوب أو الخرسانة كذلك على أن تبطن الجدارن والقاع بمونة الأسمنت والرمل سمك سنتيمتران مخلوطة بمادة عازلة لتجعل الحوض اصم ، ويفضل أن تغطى جدران الحوض من الخارج بطبقة من الأسفلت لنفس الغرض – أما سقف الحوض فهو من الخرسانة المسلحة بالتسليح الكافى لتتحمل حركة المرور فى الطريق أو عقد من المبانى (شكل ١٥ – ١٥) .



شكل رقم ١٥ — ١٥

ويبنى الحوض بحيث يكون حجمه كافياً لاستيعاب قدراً من الماء يساوى حجم حوالى خمسين متراً طولياً من الماسورة المتصل بها ويستمد هذا الحوض الماء من ماسورة مياه نظيفة عليها محبس يفتح فتحة تسمح بملأ الحوض مرة فى اليوم أو مرة كل اثنى عشر ساعة . كما يعطى الجدول رقم (١٥ — ٣) السعة اللازمة لحوض الدفق كما توصى به بعض المواصفات ومنه يتضح تناسب سعه الحوض طردياً مع زيادة قطر الماسورة وعكسياً مع زيادة ميل الماسورة

وتخرج المياه من حوض الدفق دفعة واحدة عن طريق سيفون مغطى بناقوس أو غطاء من الزهر — وطريقة عمل حوض الدفق كالآتى :

١ — فى البداية يكون الماء عند المنسوب « A » فى شعبتى السيفون وفى نفس الوقت يكون الماء فى الحوض تحت الحافة السفلى « B » للناقوس

جدول رقم (١٥ — ٣)

ميل الماسورة	السعة اللازمة باللتر للأقطار		
	٨"	١٠"	١٢"
٥,٥ : ١٠٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠
٧,٥ : ١٠٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠
١ : ١٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠
٢ : ١٠٠	٩٠	١٣٠	١٥٠
٣ : ١٠٠	٧٥	٩٠	١٠٥

٢ — بارتفاع الماء فى الحوض تغطى الحافة السفلى للناقوس بالماء ويرتفع الماء خارج الناقوس وكذلك داخل الناقوس — وهذا يسبب ضغطاً للهواء فى داخل الناقوس مما يسبب انخفاض منسوب الماء فى شعبة السيفون الأولى حتى النقطة D فى أسفل شعبتى السيفون .

٣ — أية زيادة بسيطة فى منسوب الماء داخل حوض الدفق ستسبب هبوط فى منسوب الماء فى الشبعة الأولى مما يسبب هروب بعض الهواء المضغوط إلى الشعبة الثانية من شعب السيفون مما يسبب عدم توازن الضغوط داخل وخارج الناقوس فتندفع المياه بشدة تحت حافة الناقوس إلى السيفون ومنه إلى خارج حوض الدفق .

٤ — يستمر اندفاع الماء من تحت حافة الناقوس حتى تنكشف الحافة « B » فيدخل الهواء إلى الناقوس فيقف اندفاع الماء ويتوازن منسوب الماء فى الشعبتين عند المنسوب « A » .

٥ ـ اجهزة قياس التصرف

Measuring of flow devices

وهذه الأجهزة عادة توضع فى نهاية شبكة مواسير الصرف بالقرب من محطات الطامبات وذلك لغرض قياس التصرف الذى يصل إلى محطة الرفع كما قد توضع عند مخرج شبكة الصرف التى تخدم منطقة معينة أو موقع خاص كمصنع لتقدير كمية المخلفات التى تصل من هذه المنطقة أو المصنع .

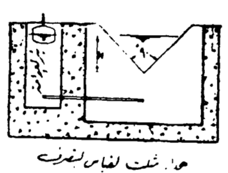
واهم الاجهزة المستعملة لهذا الغرض هى :

أ ـ هدار مثلث قائم الزاوية حاد الجوانب (شكل ١٥ ـ ١٦).

90° Sharp Edge "V" noch

ويمكن حساب التصرف المار على هذا الهدار من المعادلة :

$$Q = Cd\ 5/18\ \sqrt{2g}\ \tan\frac{\Theta}{2}\ H^{5/2}$$



هدار مثلث لقياس التصرف

شكل ١٥ ـ ١٦

حيث Q = التصرف بالمتر٣/ثانية .

g = عجلة الجاذبية الأرضية = ٩٫٨١ متر/ثانية /ثانية .

Θ = زاوية الهدار وتساوى فى هذه الحالة ٩٠°

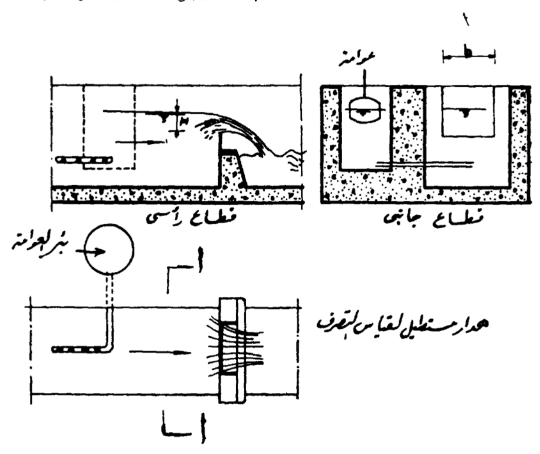
وبذلك يكون $\tan \Theta/_2$ = واحد .

H = ارتفاع منسوب الماء أمام الهدار عن منسوب رأس مثلث الهدار .

Cd = معامل التصرف ويساوى ٠٫٦٠

ب - هدار مستطيل بحافة حادة (شكل ١٥ - ١٧) .

(Sharp Edge rectangular weir)



شكل رقم ١٥ - ١٧

ويمكن قياس التصرف الماء على هذا الهدار من المعادلة .

$$Q = C^{2}/_{3} \quad (B - 0.1H) \sqrt{2g} \quad H^{3}/_{2}$$

حيث Q = التصرف بالمتر ٣/ثانية .

Cd = معامل التصرف ويساوى = ٠,٦٢٣

B = عرض الهدار .

g = العجلة الجاذبية الأرضية وتساوى

٩٨١,٠ متر/ثانية/ثانية .

H = ارتفاع منسوب الماء أمام الهدار عن منسوب حافة الهدار:

على أنه يجب مراعاة الآتى عند استعمال كل من هذين الهدارين لقياس التصرفات :

١ — أن يقاس منسوب الماء أمام الهدار على بعد من الهدار يساوى على الأقل أربعة أمثال عمق الماء فوق الهدار .

٢ — أن يقلل إضطراب الماء ما أمكن بالقرب من الهدار بجعل جدرا المجرى أملساً ومنتظماً .

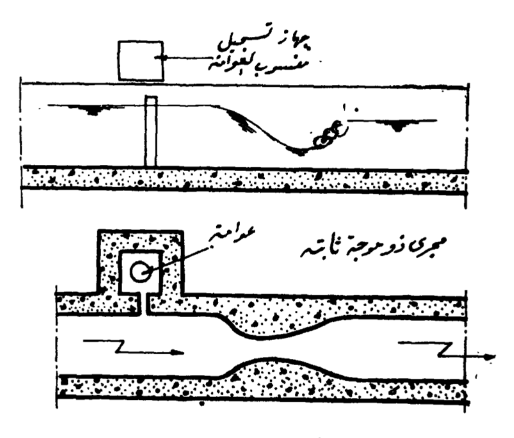
٣ — أن يكون منسوب الماء خلف الهدار أوطى من منسوب الهدار بما لا يقل عن ١٥ خمسة عشر سنتيمترا وذلك ضماناً لعدم احتمال غمر الهدار بالماء .

ويعتبر هذا أحد عيوب استعمال هذه الهدارات لما فى خفض منسوب الماء خلف الهدار من زيادة فى عامود الرفع على محطة الطلمبات .

كما يعيب هذين النوعين من الهدارات إعتراض الهدار لمرور الرواسب التى تحويها المخالفات السائلة مما يحد من استعمالها فى قياس تصرفات المخلفات السائلة الخام ويجعلها مفضلة لقياس التصرفات المخالفات السائلة المعالجة .

جـ ـ المجرى ذات الموجة الثابتة (شكل ١٥ ـ ١٨) :

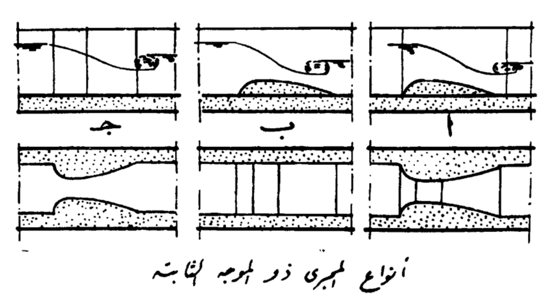
(Standing wave flume)



شكل رقم ١٥ ـ ١٨

وهى مجرى تشكل فى القناة الحاملة للمخلفات السائلة بحيث يضيق القطاع المائى فيها مما ينتج عنه زيادة فى السرعة عند المضيق إلى الدرجة التى يسبب انخفاض منسوب الماء فى المضيق حتى العمق الحرج (Critical depth) وعند خروج الماء من المضيق تتكون موجة ثابتة (Standing wave) — ويتميز هذا النوع من أجهزة القياس بامكان قياس التصرف بمعرفة ارتفاع الماء أمام المضيق فقط .

ويتكون هذا المضيق فى المجرى المائى تدريجياً بتخليق صنم فى المجرى (شكل ١٥ — ١٩ ب) أو بتضيق عرض المجرى (شكل ١٥ — ١٩ ج) أو بتخليق صنم فى قاع المجرى مع تضييق فى العرض (شكل ١٥ — ١٩ أ) إلا أنه فى جميع الحالات لابد من تواجد الموجة الثابتة خلف المضيق — وفى قياسات المخلفات السائلة يفضل النوع الثانى المبين فى شكل (١٥ — ١٩ ج) إذ أن تخليق الصنم فى قاع المجرى يعترض سير المواد العالقة بالماء — ولهذا تستبعد المجارى ذات الصنم (شكل ١٥ — ١٩ أ، ب) فى قياس تصرف المخلفات السائلة بعد معالجتها إذا أريد ذلك — وعند إنشاء مثل هذا المجرى للقياس يراعى الآتى :



أنواع المجرى ذو الموجة الثابتة

شكل رقم ١٥ — ١٩

١ — أن لا يزيد عرض المضيق عن ارتفاع الماء أمام المضيق .

٢ — طول المضيق يساوى ضعف عرضه.

٣ — نصف قطر منحنى المدخل أمام المضيق يساوى مرتين ونصف عرض المضيق .

٤ – انفراج الجوانب يكون بنسبة ٦ : ١

٥ – منسوب القاع خلف المضيق أقل من منسوب القاع أمامه بحوالى بوصة .

٦ – نقطة قياس ارتفاع الماء أمام المضيق تكون على مسافة من المضيق لا تقل عن أربعة أضعاف عرض المضيق .

٧ – أن يكون المجرى المائى أمام المضيق منتظم القطاع ومستقيم بمسافة لا تقل عن ثمانية أمثال عرض المضيق .

ويقاس التصرف فى هذه الحالة بالمعادلة :

$$Q = 2.09 \; B \; H^{3/2}$$ (المقاسات بالقدم)

$$Q = 1.86 \; B \; H^{3/2}$$ (المقاسات بالمتر)

حيث : Q = التصرف فى الثانية

B = عرض المضيق

H = ارتفاع الماء أمام المضيق

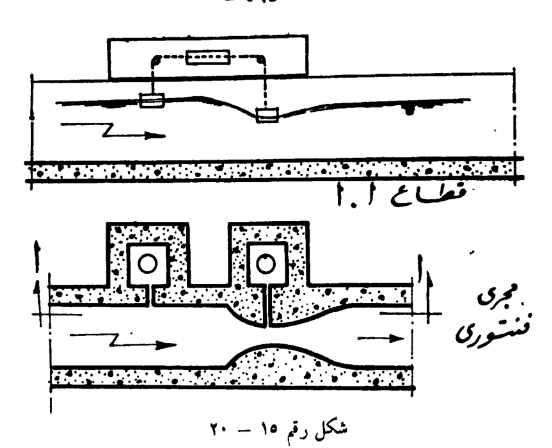
د – مجرى فنتورى (Venturi flume) (شكل ١٥ – ٢٠) :

وهو مشابه للمجرى السابق وصفه إلا أن الموجة الثابتة لا تتكون فى هذه الحالة مما يوجب قياس منسوب الماء أمام المضيق وفى المضيق نفسه . ويقاس التصرف فى هذه الحالة بالمعادلة :

$$Q = C_d \; bh \sqrt{2g\,(H - h)} \sqrt{\frac{1}{1 - m^2}}$$

حيث Q = التصرف

C_d = معامل التصرف



شكل رقم ١٥ — ٢٠

b = عرض المضيق

h = ارتفاع الماء فى المضيق

g = عجلة الجاذبية الأرضية

H = ارتفاع الماء أمام المضيق

m = النسبة $\frac{a}{A}$

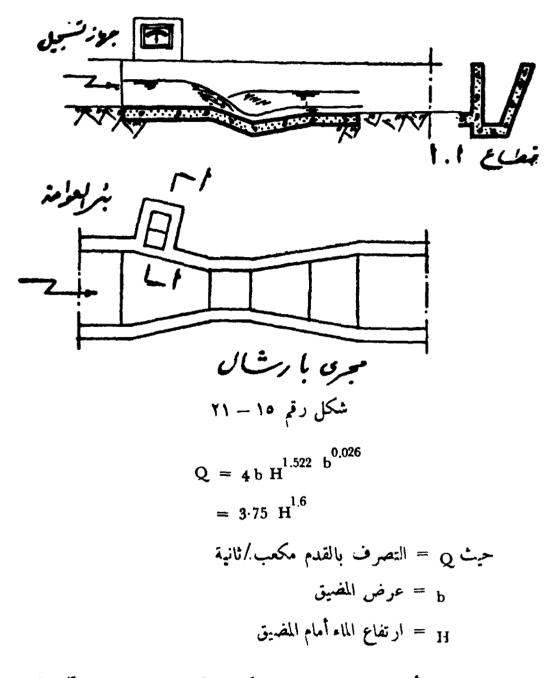
a = مساحة القطاع المائى فى المضيق

A = مساحة القطاع المائى أمام المضيق

٨ — مجرى بارشال (Parshall flume) (شكل ١٥ — ٢١) :

وهى مجرى ذات موجة ثابتة أول من بناها (R.L. Parshall) وفيها ينحدر القاع عند المضيق ثم يرتفع ثانية (شكل ٢٠٣) مما يساعد على

تخليق الموجة الثابتة . ويقاس التصرف فى هذه الحالة بالمعادلة الاقتراحية الآتية (Imperical rule) :



شكل رقم ١٥ — ٢١

$$Q = 4\,b\,H^{1.522}\ b^{0.026}$$

$$= 3.75\ H^{1.6}$$

حيث Q = التصرف بالقدم مكعب/ثانية

b = عرض المضيق

H = ارتفاع الماء أمام المضيق

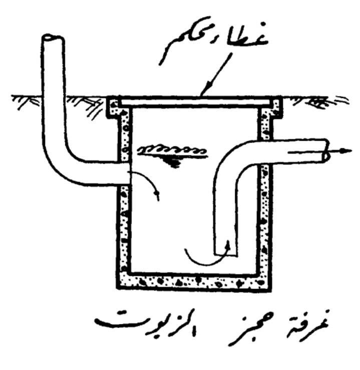
و المعادلة الأولى تستعمل للتصرفات الكبيرة التى تزيد عن ٦٠ قدم٣ ثانية بينما تستعمل المعادلة الثانية فى التصرفات التى تقل عن ذلك .

٦ – أحواض حجز الزيوت والدهون

وهذه تستعمل عندما تحوى المخالفات السائلة كمية عالية نسبياً من الزيوت والمواد الدهنية والغرض منها هو حجز هذه المواد قبل دخولها إلى مواسير الصرف حتى لا تلتصق بجدران هذه المواسير فتسبب ضيقاً فى قطاعها .

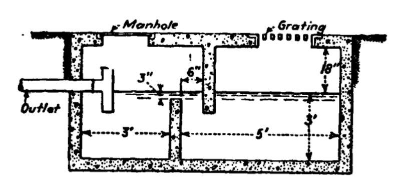
وهذه تنشأ عادة عند مخارج المخالفات السائلة من المطاعم والفنادق الكبيرة ومحطات خدمة وتشحيم السيارات وكذلك المصانع التى تستعمل فيها كميات كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية .

وهى عبارة كما فى شكل ١٥ – ٢٢ عن أحواض مصمتة تدخلها المخلفات على أن تخرج منها على منسوب أوطى من سطح المخلفات فى الحوض ولما كانت الزيوت تطفوا على سطح المخلفات فانها لا تخرج مع المخلفات إلى ماسورة المخرج ، كما يجب إزالة ما تجمع من زيوت كل فترة .



شكل رقم ١٥ – ٢٢

كما أنه فى حالة تواجد كمية كبيرة من الرمال فى المخلفات السائلة مع تواجد الزيوت - كما هو الحال فى محطات خدمة السيارات - يستحسن أن يقسم الحوض إلى قسمين (شكل ١٥ - ٢٣) الأول لحجز الرمال والزيوت على التوالى .



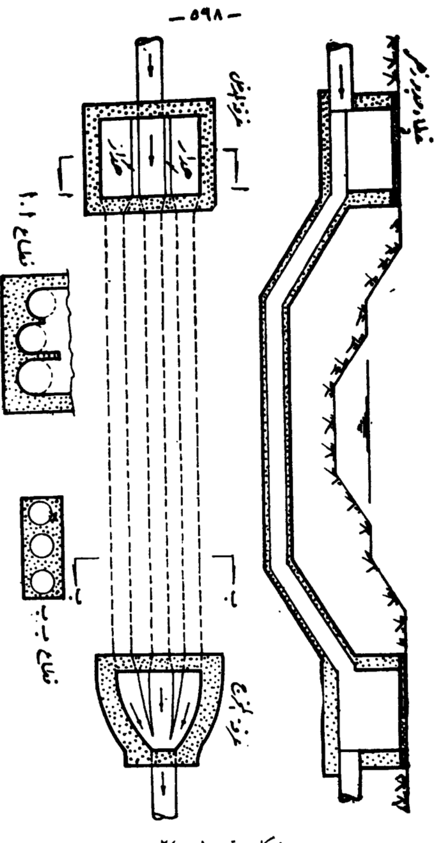
شكل رقم ١٥ - ٢٣

٧ - السيفون المقلوب Inverted Siphon

يستعمل السيفون المقلوب فى مواسير الصرف عند اعتراض عوائق ، مثل ترعة أو نفق أو منخفض لسير هذه المواسير والسيفون المقلوب (كما فى شكل ١٥ - ٢٤) يبتدء بحجرة مدخل تخرج منه ماسورة أو أكثر لتسير تحت العائق حتى حجرة المخرج فى نهاية السيفون - ويراعى الآتى فى السيفونات المقلوبة :

١ - ألا تقل السرعة فى مواسير السيفون عن ٠,٩٠ /الثانية ضماناً لعدم ترسيب أى مواد صلبة عالقة .

٢ - يحسن أن يكون السيفون عبارة عن ثلاثة مواسير متوازية - تحمل الماسورة الوسطى أدنى تصرف - فاذا زاد التصرف عن ذلك يفيض الزائد على هدار فى حجرة المدخل ليسير فى الماسورة الثانية وتصميم الماسورتين



شكل رقم ١٥ – ٢٤

بحيث يكونان كافيين معا لحمل أقصى تصرف جاف فاذا زاد التصرف عن عن ذلك بسبب المطر فاض الماء الزائد على هدار آخر أعلى من الهدار الأول ليسير الماء الفائض فى الماسورة الثالثة .

٣ — تزود حجرة المدخل بالهدارات السابق ذكرها .

٤ — تزود حجرتى المدخل والمخرج بالبوابات اللازمة لحجز الماء عن أى ماسورة لأى اصلاح أو تنظيف .

٨ — منظمات التصرف Regulators

وهى أجهزة الغرض منها تنظيم سير المخلفات السائلة فى المواسير الكبيرة فى شبكات الصرف وتحويل سيرها كلها أو بعضها من ماسورة إلى أخرى إذا زاد كمياتها عن مقادير تفوق محطة الطامبات أو محطة التنقية أو تسبب زيادة فى التلوث فى موضع التخلص من المخلفات ، ومن أمثلة هذه الأجهزة :

أ — الهدارات الجانبية (Side wiers) (شكل ١٥ — ٢٥) :

وهى فتحات فى جانب الماسورة على منسوب وطول يقدران حسابياً بأحد المعادلات الاقتراحية الآتية . بحيث إذا زاد ارتفاع المياه فى الماسورة الرئيسية عن منسوب معين فان ما زاد من المياه يمر فوق الهدار ليصل إلى ماسورة أخرى تؤدى به إلى موقع آخر للتنقية أو التخلص

$$Q = \frac{L\ V}{1.67}\left(\frac{1}{\sqrt{H_2}} - \frac{1}{\sqrt{H_1}}\right) \quad (١)$$

$$Q = 3.32\ L^{0.83}\ H_2^{1.67} \quad (٢)$$

$$L = 2.3\ V\ d\ \log_{10}\left(\frac{H_1}{H_2}\right) \quad (٣)$$

حيث : Q = التصرف فوق الهدار قدم٣/ثانية

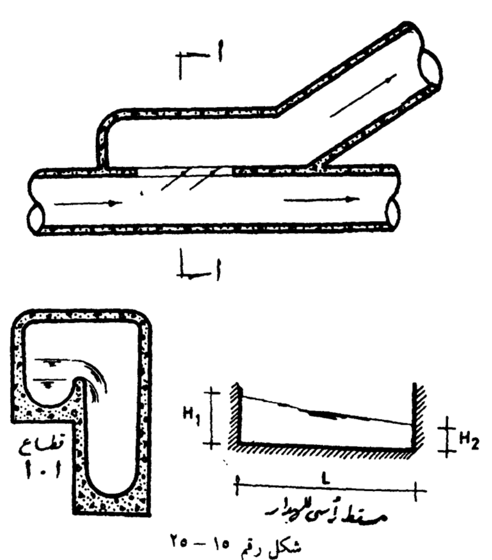
L = طول الهدار بالقدم .

V = سرعة المياه فى الماسورة الرئيسية (قدم ثانية)
قبل موقع الهدار مباشرة

H_1 = ارتفاع المياه فوق الهدار عند بدايته (شكل ١٥ — ٢٥) .

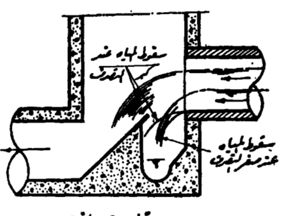
H_2 = ارتفاع المياة فوق الهدار عند نهايته .

d = قطر الماسورة الرئيسية .



شكل رقم ١٥ — ٢٥

ب — الهدارات القافزة Leaping wiers (شكل ١٥ — ٢٦)



هدار قافز

شكل رقم ١٥ — ٢٦

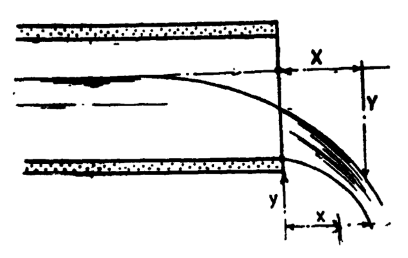
وهى فتحة فى قاع الماسورة الرئيسية باتساع وشكل خاص بحيث تسقط فيها المياه حتى تصرف معين ، فاذا زادت المياه عن هذا التصرف كانت سرعتها العالية سبباً فى أن تندفع المياه لتعبر كمية كبيرة منها أو كلها هذه الفتحة لتصل إلى ماسورة مساعدة تؤدى بها إلى موقع آخر للتنقية أو للتخلص مباشرة (شكل ١٥ — ٢٦) .

وتتوقف كمية المياه التى تسقط فى الفتحة أو تعبرها على العوامل الآتية : اتساع الفتحة ، منسوب بداية الفتحة ومنسوب نهايتها وسرعة الماء فى الماسورة الرئيسية عند الاقتراب من الفتحة — والمعادلات الآتية تبين معادلة السطح العلوى والسطح السفلى للماء عند سقوطه فوق الهدار (شكل ١٥—٢٧) .

السطح العلوى : $X = 0.53\ V^{2/3} + Y^{4/7}$

السطح السفلى : $x = 0.30\ V^{4/7} + y^{3/4}$

حيث V = سرعة الماء عند اقترابه من الهدار



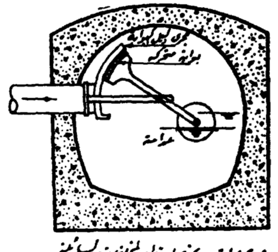
شكل رقم ١٥ – ٢٧

x ، y ، X ، Y كما فى شكل ١٥ – ٢٧

ويعيب هذا النوع من المدارات احتمال ترسيب الرمال فى الماسورة المساعدة عند توقف المياه عن الوصول إليها – وكذلك احتمال وصول المياه كلها إلى الماسورة المساعدة عند زيادة كبيرة فى سرعة المياه مما يسبب توقف وصول المياه إلى الماسورة الرئيسية ومن ثم إلى محطة التنقية أو موقع التخلص الرئيسى .

جـ – صمامات عوامة float Valve

والغرض منها منع ارتداد الماء من المجمعات الرئيسية إلى المواسير الفرعية عند ارتفاع منسوب الماء فى هذه المجمعات عن منسوب المواسير الفرعية (شكل ١٥ – ٢٨) .



صمام عوامة - يمنع ارتداد المخلفات السائلة
من المجمع الرئيسي الى الماسورة الفرعية

شكل رقم ١٥ - ٢٨

ويعيب هذه الصمامات احتمال توقف العوامة من الحركة بسبب أى خلل فيها أو اعاقة المواد العالقة فى الماء لحركة البوابة بسبب دخولها فى مجرى حركتها .

الباب السادس عشر

محطات الطلمبات والمواسير الصاعدة

Pumping Stations & Rising Mains

يحتاج الأمر لرفع المخلفات السائلة بواسطة أنواع مختلفة من الطلمبات فى الأحوال الآتية :

١ — عند وجود أدوار سفلية فى المنزل (بدروم) منسوب دورات المياه فيها أوطى من منسوب ماسورة الصرف الصحى فى الطريق المجاور — فى هذه الحالة يلزم استعمال طلمبة صغيرة خاصة لرفع المخلفات إلى منسوب شبكة الصرف .

٢ — إذا لزم الأمر نقل المخلفات السائلة عبر مرتفع أو تل يعترض طريق ماسورة الصرف مع ارتفاع تكاليف انشاء نفق فى هذا التل لوضع الماسورة فيه .

٣ — إذا لزم صب المخلفات فى البحر وكان منسوب نهاية المجمع الرئيسى عند موقع المصب أو طى من منسوب الماء فى البحر — فى هذه الحالة يلزم انشاء محطة طلمبات ترفع الماء من المجمع وتدفعه فى ماسورة ممتدة إلى داخل البحر .

٤ — تستعمل محطة الطلمبات كذلك لرفع مياه المجارى من المجمع الرئيسى الموجود فى باطن الأرض إلى أعمال معالجة المخلفات السائلة الموجود فوق سطح الأرض .

٥ — نظراً لأن مواسير شبكة الصرف يجب أن توضع بانحدار يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعى وبسرعة كافية لمنع المواد العالقة من الرسوب فى قاع المواسير ، فاننا نجد أنه فى البلاد المسطحة يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها الأمر الذى يرفع التكاليف الانشائية .

لذلك فأنه يتحتم تقسيم المدينة إلى مناطق متعددة تخدم كل منطقة شبكة صرف خاصة تنتهى إلى محطة رفع خاصة بالمنطقة هذه المحطة تقوم برفع المخلفات السائلة إلى مواسير أعلى أو إلى مجمع رئيسى وهذا النوع من

محطات الطلمبات تسمى محطات الرفع (Lift Pump) إذ أنها ترفع المياه من منسوب واطى إلى منسوب عالى دون أن تضغطه فى مواسير طرد طويلة – وذلك لتمييزها من محطات الضغط التى ترفع المخلفات السائلة من المجمعات الرئيسية وتضغطها فى مواسير طرد طويلة تصل إلى محطات التنقية .

انواع الطلمبات المستعملة :

١ – الطلمبات الماصة الكابسة (Reciprocating or Plunger pump)

وطلمبات ماصة كابسة مزدوجة (Double displacement pump)

وقد سبق الحديث عن هذه الأنواع اجمالا إلا أنه عند استعمال هذه الطلمبات فى رفع المخلفات السائلة يجب مراعاة الآتى :

آ – ألا يزيد فرق المنسوب بين المخلفات المراد سحبها و موقع الطلمبات عن ٦ متر ويفضل ٤ أو ٣ متر

ب – يجب حجز جميع المواد الطافية والصلبة التى لا تمر فى صمامات اسطوانة الطلمبة .

ج – يفضل استعمال هذه الطلمبات لرفع المخلفات السائلة مسافات طويلة و لضغوص عالية تصل إلى ثلاثين متراً أو أكثر .

٢ – الطلمبات الطاردة المركزية (Centrifugal pumps) :

وهذه أكثر أنواع الطلمبات استعمالا فى الوقت الحالى لرفع المخلفات السائلة وهى مكونة من مروحة بأسلحة منحنية تدور بقوة محرك كهربائى فى غلاف دائرى تدخل فيه الماء من المركز وتخرج من المحيط ويمكن تقسيم هذه الطلمبات إلى نوعين :

طلمبات توربين (Turbine pump) وهى أحسن ما تستعمل عند رفع تصرفات صغيرة لارتفاعات كبيرة .

طلمبات ذات غلاف دائرى (Volute centrifugal pumps)
الطلمبات الطاردة المركزية مناسبة لرفع المخلفات السائلة طالما توافرت فيه الشروط الآتية :

١ - المروحة مزودة بسلاحين فقط وبذلك تتسع المسافة بين الأسلحة للدرجة التى تسمح بمرور المواد العالقة بينهما ؛

٢ - تزود ماسورة السحب بباب يمكن فتحه لتنظيفها من المواد التى حجزت فيها ولم تدخل الطلمبات .

٣ - تدخل المخلفات السائلة فى مركز الغلاف من جانب واحد ، بينما يمكن ازالة الوجه المغطى للجانب الآخر لتنظيف المروحة الدوارة وما فيها من أسلحة .

٤ - يختار حجم الطلمبة بحيث يكون أكبر مرة ونصف من حجم المواد الصلبة المحتمل أن تكون ضمن محتويات المخلفات السائلة . (فمثلا طلمبة ٣" تسمح بمرور مواد صلبة حجم ٢" وطلمبة ٦" تسمح بمرور مواد صلبة حجم ٤" وهكذا) .

٤ - طلمبات ذات تصرف محورى (Axial flow pump) :

وهى عبارة عن مروحة بأسلحة ملتوية تدور فى محور الماسورة عند انحناء فيها يسمح بخروج محور المروحة ليتصل بالقوة المحركة والطلمبة من هذا النوع تصنع لرفع كميات كبيرة (ما لا يقل ٦٠٠٠ متر٣ يومياً) ولكن لارتفاعات صغيرة ، مما يقصر استعمالها فى عمليات المخلفات السائلة على اعادة دوره تصرف وحدات المعالجة (Recirculation) .

الشروط الواجب توافرها فى وحدات الطلمبات :

ويشترط فى عدد وتصرف وحدات الرفع التى توضع فى محطة الطلمبات الكبيرة توفر الشروط الآتية :

١ — عدد الطلمبات يجب ألا يقل عن ثلاثة وحدات على أن تكون الطلمبات قادرة على رفع أقصى تصرف يصل إلى محطة الطلمبات بالرغم من تعطل أكبر وحدة فى المحطة مع العلم بأن أقصى تصرف يتراوح بين مرة ونصف إلى ضعف التصرف المتوسط .

٢ — أن يتناسب تصرف الوحدات المختلفة مع التغير والذبذبة المحتمل حدوثها فى التصرف الذى يصل إلى محطـــة الطلمبات مما يضمن مرونة التشغيل .

مثال :

المطلوب رفع ١٢٠٠٠٠ متر مكعب يومياً من المخلفات السائلة ، فكم عدد الوحدات الواجب استعمالها وما تصرف كل وحدة .

الحل :

بما أن التصرف المتوسط ١٢٠٠٠٠ متر مكعب يومياً ، فيكون أقصى تصرف قد يصل إلى المحطة هو ٢٠٠٠٠٠ متر مكعب يومياً .

وفى هذه الحالة يمكن اختيار خمسة وحدات كالآتى :

عدد	تصرف للوحدة	التصرف الكلى
٢	٤٠٠٠٠ متر٣/يوم	٨٠٠٠٠ متر٣/يوم
٢	٦٠٠٠٠ متر٣/يوم	١٢٠٠٠٠ متر٣/يوم
١	١٢٠٠٠٠ متر٣/يوم	١٢٠٠٠٠ متر٣/يوم

وبهذا نجد أنه عند توقف أكبر وحدة فأنه فى إمكان بقية الوحدات رفع ٢٠٠٠٠٠ متر ٣/يوم وهو ما يعادل أقصى تصرف يصل إلى المحطة .

كما أن هذا الشرط لا يزال محققا عند توقف الوحدتين المتوسطتين —

كما أن فى تواجد أربعة طلمبات ذات تصرف صغير نسبياً ما يضمن مرونة التشغيل أى ايقاف أو إدارة العدد اللازم من الوحدات تبعاً لتغير التصرف الذى يصل إلى محطة الطلمبات .

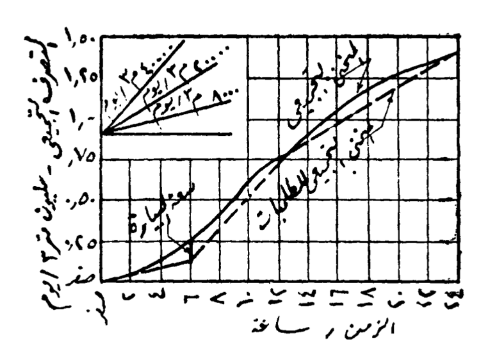
محطات الطلمبات Pumping station

يتكون مبنى محطة الطلمبات من جزئين رئيسين :

١ — البئر المستقبل للمخلفات السائلة Wet well ويسمى بيارة المحطة

والغرض من البيارة هو تخزين مؤقت ولفترة قصيرة للمخلفات السائلة التى ترد إلى محطة الطلمبات بحيث تعمل الطلمبات بانتظام قدر الإمكان ولفترات كافية إذ تنص بعض المواصفات الميكانيكية على ألا تقل فترة تشغيل أو ايقاف الطلمبة (Pump cycle) عن خمسة دقائق وذلك منعاً لاحتراق المحرك الكهربائى إذا تكرر ايقافه وتشغيله على فترات قصيرة إلا أنه يفضل أن تكون البيارة أصغر ما يمكن وذلك اقتصاداً للتكاليف الانشائية ، وكذلك لمنع بقاء المخلفات فى البيارة مدة طويلة يحدث فيها ترسيب للمواد العالقة إلى القاع حيث تبقى فيها لتتحلل ولينصاعد منها الروائح الكريهة ، ولذلك يجب ألا تزيد مدة بقاء المخلفات السائلة فى بيارة محطة الطلمبات عن عشرين دقيقة على الأكثر .

كما يمكن حساب حجم البيارة اللازمة لمحطة الطلمبات الرئيسية برسم المنحنى التجميعى للتصرفات الداخلة فى البيارة وكذلك المنحنى التجميعى لتصرف الطلمبات (شكل ١٦ — ١) وبديهى أن التصرف الكلى الداخل إلى البيارة فى خلال أربعة وعشرين ساعة هو نفس التصرف الذى ترفعه الطلمبات خلال نفس الفترة إلا أن معدل الوارد إلى البيارة يختلف عن معدل الضخ منها — ولذلك فان أكبر فرق بين المنحنيين يمثل أكبر كمية



شكل ١٦ — ١

من المخلفات السائلة تجمعت فى البيارة — وبذلك يمكن بتغيير المعدل التصحيحى لتشغيل الطلمبات التحكم فى حجم البيارة فتقل إلى الصفر تقريباً إذا تطابق المنحنيين التجمعيين .

ويقدر بعض المهندسون سعة البيارة فيما بين منسوب أوطى وأعلى منسوب للمخلفات بما يتراوح بين ضعف إلى ثلاثة أمثال متوسط التصرف الداخل إلى البيارة فى الدقيقة أى متوسط تصرف الطلمبات الموجودة فى محطة الطلمبات فى الدقيقة .

فاذا كان المطلوب ايجاد سعة البيارة اللازمة لمحطة طلمبات ترفع يومياً ١٢٠٠٠٠ متر مكعب . فان التصرف فى الدقيقة يساوى .

١٢٠٠٠٠ ÷ ٢٤ * ٦٠ = ٨٣ متر مكعب .

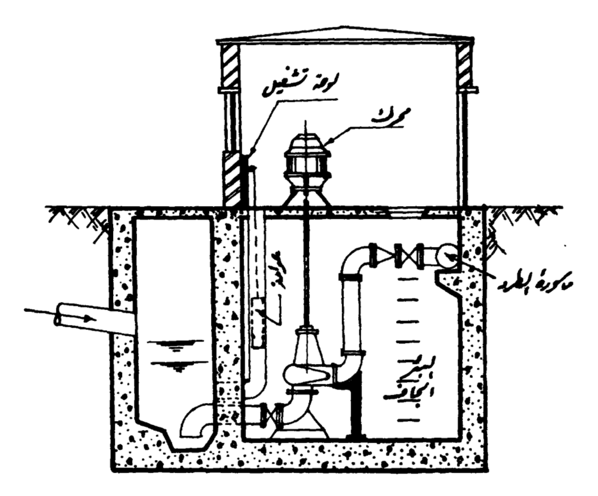
وبذلك يتراوح حجم البيارة فى هذه الحالة ما بين ١٦٥متر٣ إلى ٢٥٠ متر ٣ .

كما يجب أن تزود البيارة بغطاء ذو فتحة تشبه فتحة المطبق يمكن الدخول منها إلى البيارة لعمل أية اصلاحات ضرورية — كذلك تزود البيارة بفتحة للتهوية فيدخل أو يخرج الهواء مع ارتفاع وانخفاض منسوب المخلفات السائلة فى البيارة بالاضافة إلى ازالة الروائح منها .

٢ — البئر الجاف Dry well

وهو المكان الذى توضع فيه الطلمبات والمحركات ومعدات التحكم فى التشغيل وفى معظم محطات الطلمبات الكبيرة يكون كل من البئر المستقبل للمخالفات والبئر الجاف تحت سطح الأرض على أن يقام مبنى للمحركات فوق البئر الجاف ومنه يمكن النزول إلى مكان الطلمبات و (شكل ١٦ — ٢) وفى هذه الحالة لابد أن يكون المبنى جميل المنظر المعمارى — متسع من الداخل ليفى بالغرض من استعماله كما يحتوى على مكتب للمشرف على المحطـة وورشة للاصلاحات البسيطة كما يجب أن يكون جيد الاضاءة . حسن التهوية والتدفئة إذا لزم الأمر .

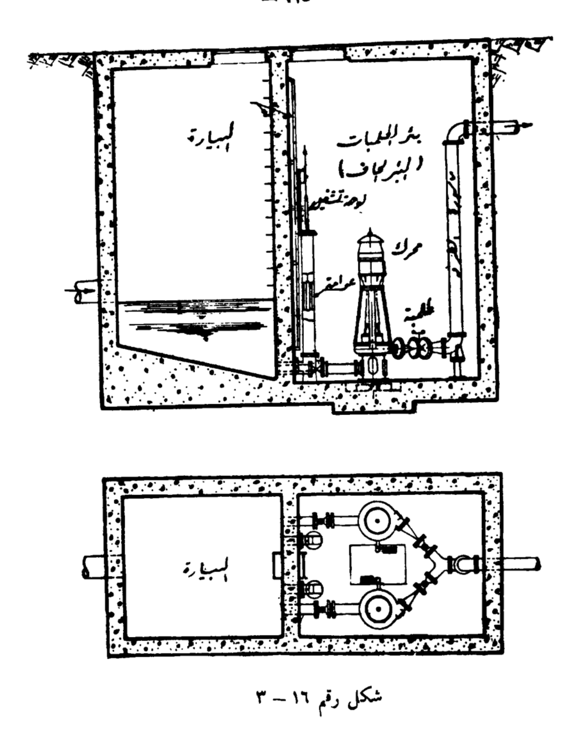
إلا أنه فى محطات الطلمبات الصغيرة يستغنى عن هذه المبنى وإذ توضع المحركات مع الطلمبات تحت سطح الأرض — وفى هذه الحالة يزود



شكل رقم ١٦ — ٢

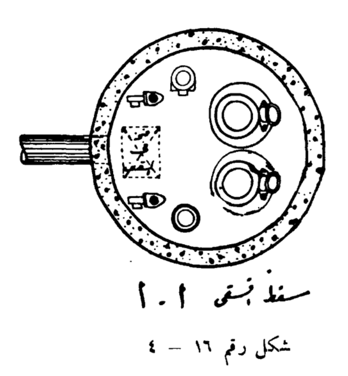
سقف البئر الجاف بفتحة تشبه المطابق للدخول منها إلى البئر الجاف (شكل ١٦ — ٣).

وفى المحطات الصغيرة جداً يمكن إنشاء محطات الطلمبات تحت سطح الأرض بأكملها — على أن تقسم إلى جزئين : سفلى وعلوى — السفلى يستقبل المخلفات كما توضع فيه الطلمبة لتكون مغمورة باستمرار فى المخلفات السائلة — وتتصل بواسطة عامود إدارة رأسى بالمحرك الموجود فى الجزء العلوى من الاسطوانة الذى يعتبر بمثابة البئر الجاف — ويزود سقف الجزء



شكل رقم ١٦ — ٣

العلوى بفتحة تشبه فتحة المطابق للدخول منها إلى البئر الجاف (شكل ١٦ — ٤).



مسقط أفقي ١ - ١

شكل رقم ١٦ — ٤

وضع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المخلفات السائلة فى البيارة (wet well)

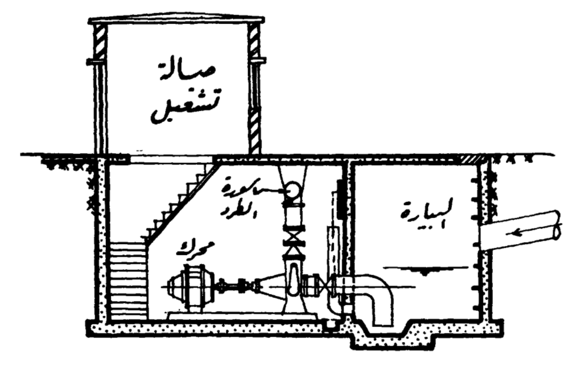
توضع وحدات الرفع فى صف أو أكثر فى البئر الجاف بحيث تكون المسافة الأفقية بين كل وحدتين كافية للاشراف على التشغيل والصيانة وكذلك لفك أى وحدة وإصلاحها وإعادة تجميعها . أما بالنسبة لمنسوب المخلفات فى البيارة فهناك أكثر من موقع :

١ — توضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المخلفات بحيث يكون محور الدوران رأسى (Vertical Pump) وتتصل بعامود إدارة رأسى بالمحرك الموجود على منسوب أعلى من منسوب المخلفات فى البيارة . ويتميز هذا الوضع بعدم احتمال عطل المحرك نتيجة أى غمر بالمخلفات إذا ارتفع منسوبها فجأة . ويتبع هذا النظام فى المحطات الصغيرة والمتوسطة التصرف (شكل ١٦ — ٢ ، ١٦ — ٣ ، ١٦ — ٤) .

٢ — توضع الطلمبات فى منسوب أوطى من منسوب المخلفات بحيث يكون محور الدوران أفقى (Horizontal pump) وتتصل بعامود الإدارة الأفقى بالمحرك الموجود على نفس المنسوب (شكل ١٦ — ٥) ويتميز هذا الوضع بسهولة التشغيل والصيانة إلا أن احتمال عطل المحرك نتيجة تسرب الماء إليه لوجوده فى منسوب منخفض يوجب عمل الاحتياطات اللازمة من الناحية الانشائية لتلافى هذا .

٣ — توضع الطلمبات التى تدور حول محور أفقى مع المحرك على منسوب أعلى من منسوب المخلفات فى البيارة (شكل ١٦ — ٦ و ١٦ — ٧) وهذا النظام يتبع فى محطات الطلمبات الكبيرة — وفى هذه الحالة يشترط ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن أوطى منسوب المخلفات فى البيارة عن أربعة أمتار .

وفى أى من هذه الحالات يجب أن يكون لكل طلمبة ماسورة سحب مستقلة — على أن تتصل مواسير الطرد لتكون عند المخرج من محطة الطلمبات



شكل رقم ١٦ — ٦

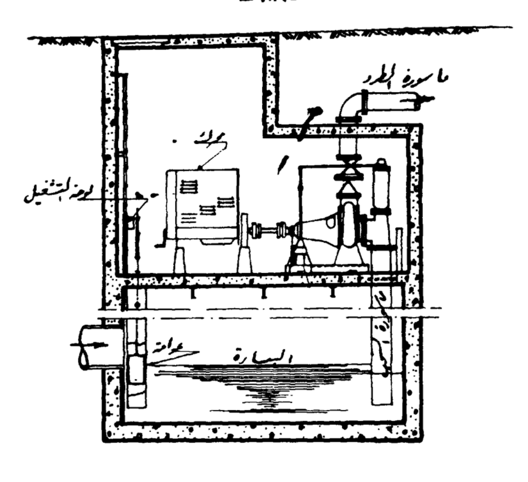
ماسورة واحدة وبحيث لا يقل قطر أى ماسورة عن أربع بوصات .

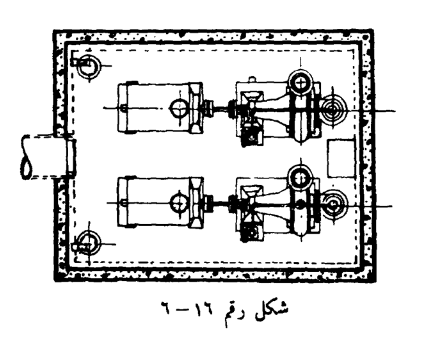
تشغيل محطات الطلمبات :

نظراً للتغير المستمر فى معدل وصول المخلفات السائلة إلى بيارة محطة الطلمبات فأنه يفضل دائماً أن تعمل جميع الوحدات فى المحطة آلياً بحيث يزيد تلقائيا عدد الوحدات الشغالة كلما زاد معدل وصول المخلفات السائلة ويقل عدد الوحدات الشغالة عند نقص معدل وصول المخلفات السائلة إلى البيارة

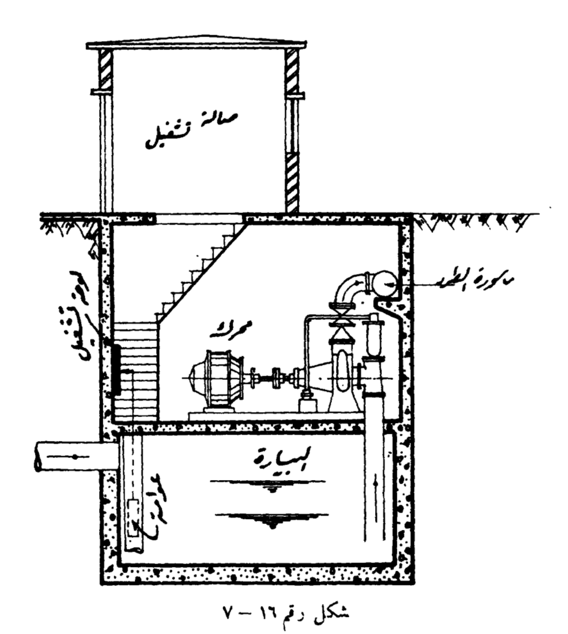
ويتم التحكم الآلى فى تشغيل وحدات محطة الطلمبات عن طريق عوامات تطفو على سطح المخلفات السائلة فى مكان أمين بعيد عن التيارات والدوامات الناتجة من اندفاع الماء من الماسورة إلى البيارة . وتتصل كل عوامة بمؤشر ومفتاح كهربائى لتشغيل احدى الطلمبات .

هذه العوامات فى حركة مستمرة فى انخفاض وارتفاع مع منسوب المياه فى





شكل رقم ١٦ – ٦



شكل رقم ١٦ — ٧

البيارة . ولكل عوامة منسوب خاص إذا وصلت إليه أثناء ارتفاعها حدث اتصال كهربائى فى المفتاح الخاص بها فيتم تشغيل احدى الطلمبات . فاذا استمرت المياه فى الارتفاع حتى منسو آخر تم تشغيل طلمبة أخرى عن طريق عوامة أخرى ... وهكذا حتى يصير معدل تشغيل الطلمبات

أكبر من معدل دخول المخلفات السائلة إلى البيارة فيأخذ المنسوب فى الانخفاض . فاذا وصلت كل عوامة إلى المنسوب الذى بدأ تشغيل طلمبتها عنده انقطع التيار الكهربائى عن المفتاح وتوقفت الطلمبة .

الاجهزة الاضافية اللازمة فى محطة الطلمبات :

يجب أن تزود كل طلمبة بالمعدات الآتية :

١ — مقياس ضغط على كل من ماسورتى السحب والطرد .

٢ — جهاز لقياس تصرف الطلمبة .

٣ — صمام حجز على كل من ماسورتى السحب والطرد .

٤ — صمام مرتد على ماسورة الطرد بعد الطلمبة مباشرة أى بين الطلمبة وصمام الحجز الموجود على ماسورة الطرد .

٥ — صمام تفريغ الهواء فى أعلى ماسورة الطرد .

٦ — لوحة تشغيل (Switch board) لتشغيل الطلمبة تبعاً لحركة عوامة خاصة بها — فاذا ارتفع المنسوب فى البيارة اتصل التيار الكهربائى آلياً — وإذا انخفض المنسوب انقطع التيار الكهربائى آلياً كذلك .

٧ — كما يجب أن يزود البئر الجاف بطلمبة صغيرة (Sump pump) وذلك لنزح ما قد يتسرب إلى البئر من مياه جوفيه — كما يزود البئر الجاف بصنبور ماء لأغراض التنظيف .

٨ — وقبل المدخل إلى البيارة يجب أن تركب عليه شبكة من القضبان لا تزيد المسافة بينها عن بوصتين لحجز المواد الطافية الكبيرة الحجم — على أن تنظف هذه الشبكة باستمرار .

القوى المحركة للطلمبات :

أكثر القوى المحركة استعمالا هى الكهرباء إلا أنه يجب أن يراعى اتصال المحرك بمصدرين من مصادر الكهرباء فى المدينة حتى إذا توقف احدهما أمكن الاعتماد على الآخر فى الحصول على الكهرباء .

وفى حالة المحطات الرئيسية لمدينة أو المحطات الكبيرة تحسن أن يكون هناك وحدة طلمبات تدار بالديزل لاستعمالها عند انقطاع التيار الكهربائى عن المحطة . على أن تزود المحطة بآلات التنبيه اللازمة من أجراس أو اضواء حمراء لتنبيه المسئولين فى المحطة عن حدوث أى عطل فى المحركات أو ارتفاع مفاجىء للمنسوب فى البيارة .

الروافع الهوائيـة (Ejectors) :

يستعمل الرافع الهوائى لرفع المخلفات السائلة من المناطق المتعددة التى قسمت إليها المدينة لتصبها فى مواسير عالية أو فى مجمع رئيسى ينقل المخلفات إلى محطة الرفع الرئيسية .

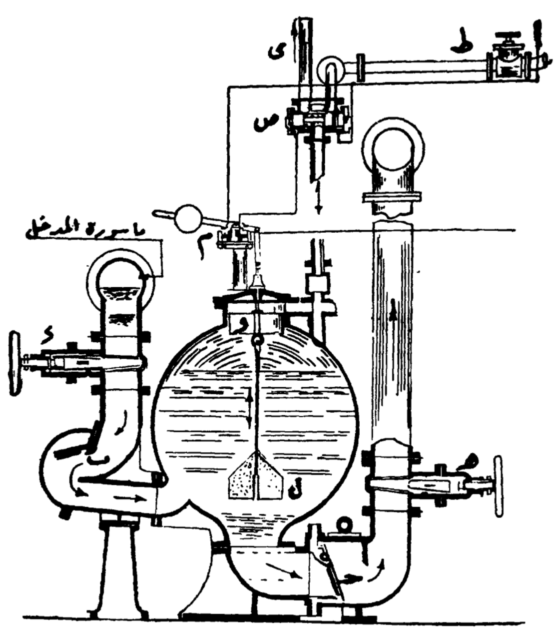
والقوة المحركة للروافع الهوائية هو الهواء المضغوط الذى يصل إليها عن طريق شبكة من المواسير من محطة ضغط الهواء .

والأجزاء الرئيسية للروافع الهوائى كما فى الشكل رقم ١٦ — ٨) :

آ — علبة كروية أو اسطوانية من الزهر تتراوح سعتها بين ١٠٠ ، ١٠٠٠ لتر .

ب — صمام مرتد على المدخل إلى العلبة يسمح بدخول المخلفات إلى العلبة ولا يسمح بخروجها .

ج — صمام مرتد على المخرج يسمح بخروج المخلفات منه ولا يسمح بدخولها منه .



شكل ١٦ — ٨

د — صمام حجز على المدخل .

هـ — صمام حجز على المخرج .

والغرض من الصمامين (د . هـ) عزل الرافع عن الاستعمال عندالضرورة للاصلاح أو الصيانة .

و ، ل — عوامتان تتحركان إلى أعلى أو أسفل تبعاً لمنسوب المخلفات السائلة فى أسطوانة الرافع .

م — صمام منزلق (Slide valve) متصل بالعوامة (و) بعامود يتحكم فى حركته والغرض منه تحويل الهواء المضغوط بفتح الصمام (ص) لدخول الهواء إلى علبة الرافع أو بقفل الصمام (ص) ليخرج الهواء المضغوط من العلبة عن طريق ماسورة العادم (ى) .

ص — صمام دخول وخروج الهواء المضغوط .

ط — ماسورة الهواء المضغوط .

ى — ماسورة العادم لخروج الهواء المضغوط من الرافع .

طريقة عمل الرافع :

١ — تدخل المخلفات السائلة إلى علبة الرافع ماره بالصمام (ب) ، (د) فيرتفع منسوب الماء فى العلبة وترتفع معه كل من العوامتين (و) ، (ل)

٢ — نتيجة لارتفاع العوامة (و) يتحرك الصمام (م) من جهة إلى أخرى فيتحرك الصمام (ص) ليسمح بدخول الهواء إلى علبة الرافع من ماسورة الهواء المضغوط (ط) .

٣ — عند دخول الهواء المضغوط إلى العلبة يضغط على ما فيها من مخلفات سائلة لتخرج عن طريق الصمام المرتد (ج) مارة بصمام الحجز (هـ) وبذلك تخرج المخلفات إلى ماسورة الطرد .

٤ — عندما يتم تفريغ العلبة تهبط العوامتين (و) ، (ل) فيتحرك الصمام (م) إلى الجهة المضاد لحركته السابقة ، فيتحرك الصمام (ص) لوقيف دخول الهواء المضغوط إلى علبة الرافع — ويفتح ماسورة العادم (ى) ليخرج منها الهواء الذى سبق ضغطه فى العلبة وبذلك يصير الضغط داخل العلبة مساوياً للضغط الجوى .

٥ — يقفل الصمام المرتد (ج) بقوة ثقل الماء فى ماسورة المخرج الرأسية ويفتح الصمام المرتد (ب) بثقل الماء الموجود فى ماسورة المدخل — وهكذا تتكرر العملية وتستغرق دورة تشغيل علبة الرافع حوالى دقيقة أو دقيقتين

٦ — تقدر كمية الهواء اللازمة بحوالى نصف متر ٣ لكل متر ٣ من المخلفات يراد رفعه كما يلزم أن يكون ضغط الهواء ما بين ٢٠ — ٢٥ رطل /بوصة ٢ (١,٤ — ٢. كيلوجرام/سنتيمتر ٢) لحسن تشغيل الرافع بينما تتراوح سرعة الهواء فى المواسير ٦ — ١٢ متر /ثانية .

وتبنى الروافع الهوائية بحيث يوجد علبتين فى كل رافع تعملان بالتبادل أى يتم ملأ علبه فى الوقت الذى تفرغ فيه الأخرى — وبذلك لا تتجمع المخلفات السائلة فى مواسير المدخل وتوضع العلبتان فى حجرة واحدة إما من الحديد الزهر أو الخرسانة المسلحة على أن تكون الحجرة بأكملها تحت سطح الأرض ويزود سقفها بالفتحات اللازمة للدخول للصيانة والإصلاح إذا لزم الأمر .

كما يفضل أن يبنى مطبق قبل الرافع مباشرة . تصب فى هذا المطبق مواسير الصرف المختلفة لتخرج من المطبق ماسورة واحدة تتفرع إلى فرعين كل فرع يؤدى إلى احدى علب الرافع .

كما يجب ملاحظة أن تمتد ماسورة الهواء العادم إلى موقع مرتفع عن المنازل المجاورة لمنع الشكاوى من الروائح الكريهة التى يحملها الهواء العادم نتيجة اتصاله بالمخلفات السائلة فترة ضغطها للمخلفات .

مزايا الروافع الهوائية

١ — سهولة الصيانة وذلك لاتساع مداخله ومخارجه ولبطىء حركة أجزائه مما يقلل من تآكلها عند احتكاكها ببعضها .

٢ — قلة الحاجة إلى اشراف فنى ، إذ يحتاج الأمر إلى زيادة الرافع مرة واحدة يومياً لتسجيل تصرفه ومره أسبوعياً للكشف عليه وصيانته .

٣ — لا يحتاج الرافع الهوائى إلى مصافى لحجز المواد الطافية وذلك لاتساع مداخله ومخارجه .

٤ — عند تعطل احدى علب الرافع يمكن للعلبة الأخرى العمل وحدها حتى يتم اصلاح الأخرى .

٥ — أطول عمراً من الطلمبات الأخرى .

٦ — لا تهبط جودة التشغيل مع قدم الرافع .

٧ — يتحمل الزيادات المفاجأة فى التصرف دون هبوط فى جودة التشغيل .

عيوب الروافع الهوائية

١ — ضرورة انشاء محطة ضغط الهواء وشبكة مواسير خاصة لتوزيع الهواء المضغوط على الروافع المختلفة مما يزيد من التكاليف الابتدائية للمشروع .

٢ — قلة جودة الرفع بالهواء المضغوط الذى يصل إلى ٢٠ ٪ أو ٣٠ ٪ فقط .

٣ — أى تغير فى ضغط الهواء الخارج من محطة ضغطه يضعف من جودة الرافع .

٤ — الحاجة إلى صيانة مستمرة لشبكة مواسير توزيع الهواء المضغوط .

٥ — رائحة الهواء العادم الخارج من الرافع تؤذى المقيمين بالقرب من الرافع مما يوجب رفع ماسورة العادم على حائط مجاور للرافع حتى نقطة أعلى من أى مسكن فى المنطقة المجاورة .

٥ — تتوقف جميع الروافع فى المدينة إذا توقفت محطة ضغط الهواء لأى سبب .

٦ — زيادة ضغط الهواء فى الروافع القريبة من محطة ضغط الهواء وضعفه فى الروافع البعيدة .

المواسير الملتحمة Sealed Sewage pipes

المواسير الصاعدة Rising Mains

يطلق اسم المواسير الملتحمة على مواسير الطرد التى تخرج إما من الروافع الهوائية أو من محطات الطلمبات الكهربائية لتصب المخلفات فى المجمعات الرئيسية التى تنقلها إلى محطات الرفع الرئيسية .

ويطلق اسم المواسير الصاعدة على الماسورة التى تخرج من محطة الطلمات الرئيسية لتحمل المخلفات تحت ضغط وتصبها فى أعمال المعالجة التى تكون عادة على سطح الأرض — ولذلك سميت بالماسورة الصاعدة إذ أنها تصعد بالمخلفات من منسوب تحت سطح الأرض إلى منسوب فوق سطح الأرض .

وكل من المواسير الملتحمة أو الصاعدة تكون عادة من الزهر للأقطار الصغيرة حتى ٢٤ بوصة ومن الصلب للأقطار أكبر من ٤٨ بوصة — أما المواسير بقطر بين ٢٤" ، ٤٨" فمن الحديد الزهر أو الصلب .

وتتراوح السرعة فى كل من المواسير الملتحمة والمواسير الصاعدة ما بين ٧٥ ، ١٥٠ سنتيمتر فى الثانية حتى لا يحدث ترسيب نتيجة للسرعات المنخفضة أو تآكل نتيجة السرعات الكبيرة نسبياً .

وعند تصميم المواسير الملتحمة والصاعدة وتنفيذها يجب تزويدها بالصمامات الآتيــة :

١ – صمام تفريغ الهواء Air relief valve :

ويوضع فى الأماكن المرتفعة على طول المواسير الصاعدة – ويعمل آلياً لتصريف الهواء الذى قد يتجمع فى هذه الأماكن .

٢ – صمام تصريف الرواسب Scour valve :

ويوجد فى الأماكن المنخفضة على القطاع الطولى ويفتح يدوياً اصرف الرواسب التى قد تتجمع فى الماسورة أو تفريغ الماسورة عند الطوارىء إلى أقرب مطبق .

٣ – صمام تفريغ الهواء – يعمل يدوياً –

ويوضع فى الأماكن المرتفعة من الماسورة الملتحمة على أن يفتح على فترات ثم يقفل لتصريف الهواء من الماسورة .

الباب السابع عشر

مكونات وخصائص المخلفات السائلة

Composition & Characteristics of Sewage

تتكون المخلفات السائلة ، كما سبق ذكره ، من المياه المستعملة فى المنازل المتخلفة من الحمامات والمطابخ والغسيل . والمخلفات الصناعية الناتجة من الاستعمالات المختلفة للماء فى الصناعة ومياه الأمطار ومياه غسيل الشوارع ومياه الرشح — وبديهى أن مكونات المخلفات السائلة ، أى ما تحويه هذه المخلفات . تتغير من وقت لآخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغير كمياتها كما ذكر قبلا . إلا أنه يمكن القول أن فى المتوسط يتكون الخليط من المخلفات السابق ذكرها من ٩٩.٩ ٪ ماء و ٠.١ ٪ مواد صلبة سواء كانت عالقة أم ذائبة .

العوامل التى تؤثر على محتويات عينه من المخلفات السائلة :

١ — عمر المخلفات السائلة Age of Sewage

أى الوقت الذى مضى منذ صبها فى شبكة الصرف ووقت أخذ العينة . فالمخلفات السائلة فى بدء جريانها فى شبكة الصرف تكون ذات لون مائل إلى اللون الرمادى (grayish) مع وجود مواد برازية وزيوت وشحوم وأوراق ومخلفات الخضروات طافية على السطح — بينما تكون رائحتها نفاذه إلا أنها غير ضارة أو كريهة .

وبمضى الوقت وأثناء جريان هذه المخلفات السائلة فى شبكة الصرف تتفتت هذه المواد العالقة والطافية وتندمج مع بعضها مكونة سائل متجانس ذو عكاره عالية ولون أشد تركيزاً بينما تتصاعد منها روائح ضارة كريهة نتيجة لتحلل بعض المواد العضوية .

٢ — وقت جمع العينة Time of Collection

لما كانت كمية المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها يتغيران من وقت لآخر فمن البديهى أن محتويات العينة ودرجة تركيز هذه المحتويات

تختلف من وقت لآخر – فنجد أن أكثر العينات تركيزاً هى التى تؤخذ فى الساعات الأولى فى الصباح – بينما نجد أن أقل العينات تركيزاً هى التى تؤخذ فى الساعات المتأخرة من الليل .

كما أنه تبعاً لنشاط الصناعة من موسم لآخر على مدار السنة فان مكونات المخلفات ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تتغير من موسم لآخر .

٣ – تعرض المخلفات السائلة للهواء :

Existance of air in contact with Sewage

تحتــوى المخلفات عند بدء جريانها فى شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذى سرعان ما يستهلك فى نشاط البكتيريا الهوائية (aerobic bacteria) التى توجد فيها . فاذا لم يتجدد هذا الأكسجين بتواجد المخلفات فى اتصال دائم بالهــواء فان البكتيريا الهوائية تموت وتنشط البكتيريا اللاهوائية (anaerobic bacteria) فينتج عن هذا تحليل لا هوائى (putrification) وتكتسب المخلفات لونا داكناً ذو رائحة عفنة (stale) ناتجــة من تحلل المواد العضوية إلى نوشادر وكبريتور الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون .. وذلك بفعل البكتيريا اللاهوائية .

وعلى النقيض من ذلك إذا تجدد الأكسوجين فى المخلفات بتواجدها فى اتصال دائم بالهواء . فان البكتيريا الهوائية تنشط مما ينتج عنه تحلل هوائى (oxidation) لا ينتج عنه روائح عفنه أو تركيز عالى فى اللون .

٤ — درجة حرارة المخلفات Temperature of Sewage

ويظهر تأثير درجة الحرارة فى زيادة نشاط البكتيريا سواء هوائية أو لا هوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة حرارة معينة تأخذ بعدها نشاط البكتيريا فى الهبوط .

٥ — عوامل ميكانيكية Mechanical factors

وهذه مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو فى منحدرات . محطات الطلمبات إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً .

٦ — كمية المياه المستعملة فى المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية ماء الترشيح وكمية مياه المطر

Quality & Quantity of city water, infiltration & rain water

فكميات هذه المياه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة العالقة كانت أو الذائبة كما أن مياه الرشح عما قد تحتويه على ملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة فى المختلفات .

المواد الصلبة الموجودة فى المخلفات السائلة

Solid Matter in Sewage

إذا أخذنا عينة من المخلفات السائلة ووضعناها فى فرن تجفيف لتبخير ما فيها من ماء أمكننا إيجاد كمية المواد الصلبة فى العينة سواء كانت ذائبة أو عالقة — أما إذا رشحنا العينة قبل التجفيف ثم جففنا السائل الذى مر فى ورقة الترشيح أمكننا إيجاد كمية المواد الصلبة الذائبة — وكذلك إذا جففنا ورقة الترشيح أمكننا ايجاد كمية المواد الصلبة العالقة .

والمواد العالقة يمكن تقسيمها الى :

١ — مواد سهلة الترسيب (Readily Settleable) أى ترسب فى وقت قصير وتقدر بحوالى ٥٠ ٪ من المواد العالقة .

٢ ـ مواد صعبة الترسيب أى تحتاج إلى وقت طويل لترسيبها ويقدر بحوالى ٥٠ ٪ من المواد العالقة .

وتتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة من ٢/٣ ــ> ٣/٤ مجموع المواد الصلبة بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة العالقة من ١/٤ ــ> ١/٣ مجموع المواد الصلبة وفى عمليات معالجة المخلفات السائلة تحجز نسبة كبيرة من المواد العالقة بينما تمر نسبة كبيرة من المواد الذائبة فى كامل عملية المعالجة دون تغيير يذكر بينما يتغير قليل من المواد الذائبة بالأكسدة .

المواد العضوية والغير عضوية فى المخلفات السائلة :

ويمكن تقسيم المواد الصلبة فى المخلفات بطريقة أخرى الى قسمين اخرين

١ ـ مواد عضوية (Organic matter) وتسمى أحياناً مواد طيارة أو غير ثابتة (volatile-unstable) نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية .

٢ ـ مواد غير عضوية (inorganic matter) وتسمى أحياناً مواد معدنية أو ثابتة (mineral-stable) نظراً لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية .

وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة بحوالى خمسين فى المائة (٥٠٪) من مجموع المواد الصلبة .

المواد العضوية فى المخلفات السائلة

أن كمية المواد العضوية فى المخلفات وكذلك تكوينها ومركباتها من الأهمية بمكان فى عمليات معالجة هذه المخلفات والتخلص منها نظراً لأن

تحلل هذه المواد هو المصدر الرئيسى للمتاعب فى كل من عمليتى المعالجة والتخلص — والمركبات الرئيسية للمواد العضوية هى : الأزوت (Nitrogen) والكـــربون (Carbon) والأكسوجين (Oxygen) والهيدروجين (Hydrogen) والكبريت (Sulpher) والفسفور (Phosphorus) .

وتتعرض المواد العضوية إلى نوعين من التحلل :

التحلل اللاهوائى Putrification

وهو الذى يتم نتيجة لنشاط البكتيريا اللاهوائية فى غياب الأكسوجين وينتج عن هذا التحلل غازات النوشادر (Amonia) الميثين (Methane) كبريتور الهيدروجين (Hydrogen snlphide) ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة وهو ما نلمسه نتيجة لهذا التحلل .

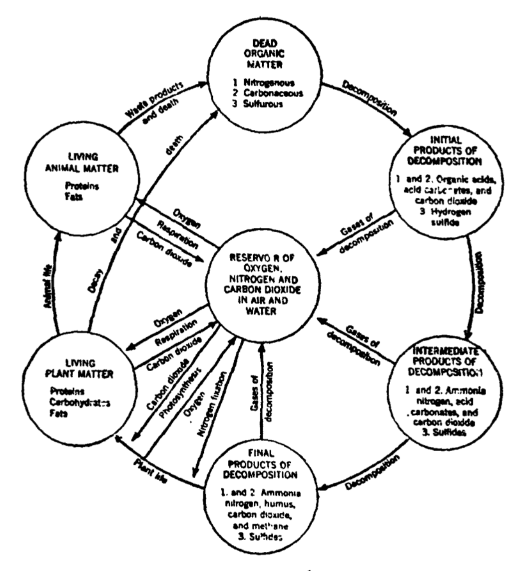
تحلل هوائى oxidation

وهو الذى يتم نتيجة لنشاط البكتيريا الهوائية عند تواجد الأكسوجين وينتج عن هذا التحلل أملاح الأزوتات (nitrates) والكبريتات (sulphates) وثانى أكسيد الكربون (Carbon dioxide) ومواد أخرى غير ضارة .

دوره المواد العضوية فى الطبيعة

دورة الازوت Nitrogen cycle

لما كان الآزوت يكون الجزء الأكبر من المواد العضوية فقد اختير تواجد الأنواع المختلفة لمركبات الآزوت مقياسا لما تعرضت له المخلفات السائلة من تحلل سواء كان هوائياً أو لا هوائياً ويمكن تلخيص دورة الآزوت فى الطبيعة أى خطوات تحلل مركباته وتحولها من نوع إلى آخر كما فى الشكل (١٧ — ١).



شكل رقم ١٧ — ١

١ — تتحلل المواد العضوية (سواء كانت أصلا ناتجة من موت حيوان أو نبات أو من افرازات حيوانية) بفعل أنواع خاصة من البكتيريا (soprophytic) وهذا التحلل معقد الخطوات وتتصاعد فى أثنائه غازات كريهة الرائحة وينتهى بظهور غاز النوشادر (amomia) الذى هو أحد مركبات الأزوت .

٢ — تأخذ البكتيريا الآزوتية (Nitrifying bacteria) الموجودة فى التربة وفى وجود الأكسجين الجوى فى أكسدة النوشادر الى أزوتيت

(nitrites) ثم إلى آزوتات (nitrates) وهى من أملاح الآزوت الثابت التى لا يتحلل .

٣ — يمتص النبات أملاح الآزوتات كغذاء له محولا إياها إلى بروتين نباتى وهذه النباتات إما يأكلها الحيوان فتتحول إلى بروتين حيوانى أو تموت فتتحول إلى مواد عضوية أزوتية ميتة .

٤ — عند وفاة الحيوان يتحول البروتين الحيوانى إلى مواد عضوية أزوتية ميتة — وكذلك إفرازات الحيوان هى أساسا مواد عضوية أزوتية ميتة .

٥ — تتكرر الدورة ثانياً بتعرض المواد العضوية سواء كانت أصلا ناتجة عن موت نبات أو حيوان أو افراز حيوان بفعل البكتيريا التى تحللها إلى نوشادر ..

وبهذ يمكن القول أنه عند وجود نوشادر بكثرة فى عينة من الماء أو من التربة دل ذلك على تلوث حديث للماء أو التربة بالمخلفات السائلة — أما إذا تواجد الآزوتيت أو الآزوتات دل ذلك على تلوث قديم للماء أو التربة بالمخالفات السائلة — ويعتبر البعض وصول الدورة إلى نهايتها أى تحول المواد العضوية إلى نوشادر ثم أوزتيت ثم أزوتات دليل على اندثار البكتيريا الضارة التى كانت أصلا فى المخلفات السائلة ، إلا أن هذا الاعتبار لا يؤخذ به كقضية مسلم بها فى بعض الأحوال .

دورات أخرى : شكل ١٧ — ١) .

وتتعرض المواد العضوية الكبريتية إلى دورة أخرى مشابها تتحول فيها أولا إلى كبريتور الهيدروجين الكريه الرائحة ثم بفعل البكتيريا الكبريتية

(Sulpher bacteria) عند وجود الأكسوجين يتحول كبريتور الهيدروجين إلى مركبات الكبريتات الثابتة التى تمتصها النباتات كغذاء .

كذلك تتعرض المواد العضوية الكربونية التى تتواجد على هيئة سليلوز أو نشا أو سكر لفعل بعض الكائنات الميكروسكوبية فتتحول إلى ثانى أكسيد الكربون الذى يمتصه النبات فيتحد مع الماء الموجود فى النبات وبفعل أشعة الشمس وعملية التمثيل الكلوروفيلى يتحول ثانى أكسيد الكربون إلى نشا وسكر وسليلوز .

الكائنات الحية الميكروسكوبية فى المخلفات السائلة

Micro — organisms in Sewage

تحتوى المخلفات السائلة بالاضافة إلى المواد الصلبة العالقة والذائبة على عديد من أنواع الكائنات الحية الميكروسكوبية والبكتيريا والتى يتواجد كل نوع منها بالآلاف فى كل سنتيمتر مكعب من المخلفات . إلا أن الجزء الأكبر من هذه الكائنات غير ضار بل أنه مهم فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير عضوية كما سبق شرحه أعلاه — إلا أن بعض هذه الكائنات الميكروسكوبية والبكتيريا ضارة وتسبب أمراضاً خاصة إذا وصلت إلى الطعام أو إلى مياه الشراب ومن أمثلة هذه البكتيريا :— البكتيريا المسببة للتيفويد ، الباراتيفويد ، الدسنتاريا بنوعيها ، الكوليرا ، الأمراض المعوية الأخرى .

وتتعرض المخلفات السائلة للاختبارات البكتريولوجية الآتية :

---

١ — العد الكلى للبكتيريا عند درجة ٢٠ سنجراد — وهذا يتراوح من نصف مليون إلى خمسة مليون بكتيريا فى السنتيمتر المكعب .

٢ — العد الكلى للبكتيريا عند درجة ٣٧ سنتجراد — وهذا عادة يقل قليلا عن العد الكلى عند ٢٠ سنتجراد .

٣ — عدد بكتيريا القولون ويتراوح تعدادها من ٣٠٠٠ — ٢٠٠٠٠٠ فى السنتيمتر المكعب .

وبديهى أن التراوح الواسع فى تعداد البكتيريا بسبب اختلاف ووقت وظروف أخذ العينة وكذلك نوع المخلفات وما فيها من مركبات .

الاختبارات الكيمائية لعينة المخلفات السائلة

Chemical Examination of Sewage

تجرى بعض الاختبارات الكيمائية الآتية لفحص عينة من المخلفات السائلة بغية تقدير درجة تركيزها قبل المعالجة كما تجرى نفس الاختبارات على عينة من المخلفات السائلة بعد المعالجة وبالمقارنة يمكن الاستدلال على كفاءة عملية المعالجة .

١ — اختبار الازوت النوشادرى Amonia nitrogen

وكمية النوشادر تقل بمضى الوقت لتحولها إلى أزوتيت وأزوتات كما سبق شرحه فى دورة الآزوت فى الطبيعة.

٢ — اختبار الازوت على هيئة ازوتيت وأزوتات Nitrites & Nitrates

وكمية الأزوتيت تزيد بمضى الوقت ويدل تواجد الأزوتات بكثرة على اقتراب المعالجة إلى الكمال .

٣ — اختبار الكلوريدات Chlorides

ويستفاد من هذا الاختبار للدلالة على تلوث الماء بالمخلفات السائلة نظراً لارتفاع تركيز الكلوريدات فى المخلفات السائلة عنه فى الماء .

٤ — اختبار كبريتور الهيدروجين Hydrogen Sulphide

إذ يدل تواجد هذا الغاز فى عينة المخلفات على عدم تواجد الأكسوجين فى العينة وعلى نشاط البكتيريا اللاهوائية.

٥ — الاكسوجين الكيمائى الممتص C.O.D. ChemicalOxygen demand:

ويستدل منه على مدى تركيز المواد الكربونية العضوية فى العينة . إلا أنه ليس بالدقة الكافية.

٦ — الاكسوجين الحيوى

: (B.O.D.)Biochemical Oxyge demand

وهو من التجارب الهامة فى اختبار عينات المخلفات السائلة وفيه تقاس كمية الأكسوجين اللازمة لنشاط البكتيريا فى أكسدة المواد العضوية الموجودة فى العينة — إذ أن تعيين هذه الكمية من الأكسوجين يمكن اعتباره كأحد الطرق لقياس تركيز المواد العضوية فى العينة. إلا أنه نظراً لأن الوقت اللازم لأكسدة جميع المواد العضوية فى العينة قد يستغرق شهوراً ، فقد اكتفى بتحديد كمية الأكسوجين اللازمة لنشاط الكتيريا فى تثبيت المواد العضوية الموجودة فى العينة عند حفظها فترة محددة وتحت ظروف معينة ، وتتوقف كمية الأكسوجين هذه على العوامل الآتية :

آ — تركيز المواد العضوية فى العينة . فكلما زاد التركيز زاد الأكسجين المستهلك أى الأكسوجين الحيـوى .B.O.D — بل إن معدل استهلاك الأكسوجين أثناء اجراء تجربة واحدة يتناسب طردياً مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد.

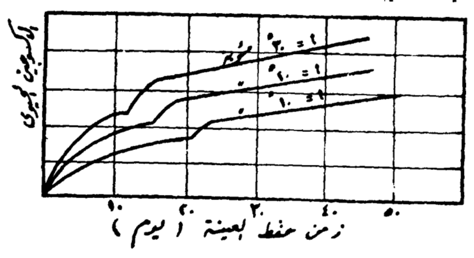
ب — درجة الحرارة أثناء فترة الحفظ (Incubtion) إذ كلما زادت درجة الحرارة — إلى حد معين — زاد نشاط البكتيريا فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية.

ج — الزمن أو الفترة التى تحفظ اثناءها العينة أى التى يقاس تركيز الأكسوجين فى العينة فى بدايتها ونهايتها .

وتجرى التجربة بتخفيف العينة بكمية معينة من المياه المهواه Aerated Water المحتوية على تركيز للأكسوجين سابق معرفته — ثم قياس كمية الأكسوجين المتبقى فى الخليط قبل وبعد حفظه فى الظروف المعينة ولفترة محددة .

ولتقنين التجربة (Standardization) وحتى يمكن مقارنة النتائج المجراة على عينات فى أماكن وأوقات مختلفة اتفق على أن تحفظ العينة طول فترة التجربة عند درجة حرارة ٢٠° مئوية وأن يكون زمن الحفظ (incubation period) خمسة أيام .

والشكل رقم (١٧ — ٢) يبين منحنيات العلاقة بين المتغيرات الثلاثة : B.O.D. ، زمن أو فترة الحفظ ، درجة الحرارة — ويتبين من هذا الشكل أنه يمكن تقسيم أى منحنى إلى ثلاثة مراحل :



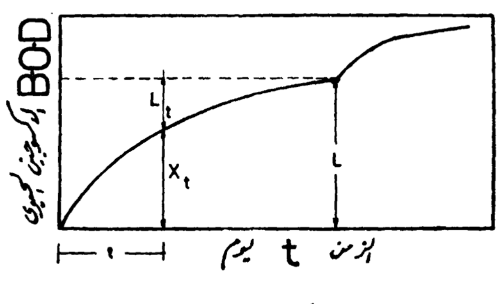
شكل رقم ١٧ — ٢

المرحلة الأولى : وتستمر فترة من ١٠ إلى ١٥ يوم وأكثر وفيها تتأكسد المواد العضوية الكربونية الأصل ، ويتميز هذا الجزء بأن معدل استهلاك الأكسوجين يتناسب مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد .

المرحلة الثانية : وهى فترة انتقال بين المرحلة الأولى والثالثة – وتتميز هذه المرحلة بثبات معدل استهلاك الأكسوجين مع ارتفاع فى قيمة هذا المعدل – وتستمر هذه المرحلة حوالى ثلاثة أيام .

المرحلة الثالثة : وفيها يتم أكسدة المواد العضوية الأزوتية الأصل ، وتتميز بأن معدل استهلاك الأكسوجين يكاد يكون ثابتاً الا أنه أقل من المعدل فى المرحلة الثانية وتستمر هذه المرحلة حتى يتم أكسدة المواد العضوية الذى قد يستغرق شهورا .

أى أنه فى المرحلة الأولى من هذه المنحنيات والتى يتناسب فيها معدل استهلاك الأكسوجين مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد . يمكن كتابة المعادلة الآتية لمنحنى العلاقة بين الأكسوجين الحيوى الممتص B.O.D والزمن ودرجة الحرارة (شكل ١٧ – ٣) .



شكل رقم ١٧ – ٣

(١) $$\frac{L - X_t}{L} = 10^{-Kt}$$

(٢) $$\log_{10}\left(\frac{L - X_t}{L}\right) = -Kt$$

(٣) $$L_T = L_{20}\left[1 + 0.2(T - 20)\right]$$

(٤) $$K_T = K_{20}\left[1.047^{T-20}\right]$$

حيث : L = الأكسوجين الممتص فى نهاية المرحلة الأولى

T = درجة حرارة حفظ العينة .

K = ثابت يتوقف على درجة الحرارة ويسمى (Deoxygenation constant) أى ثابت استهلاك الأكسوجين .

K_{20} = قيمة الثابت K عند درجة حرارة ٢٠° مئوية ولقد وجد أنه يساوى ٠,١

K_T = قيمة الثابت K عند درجة حرارة T° مئوية وأسس لوغاريتم ١٠ .

t = الزمن الذى تجرى خلاله التجربة أى زمن حفظ العينة .

X_t = الأكسوجين الحيوى الممتص بعد حفظ العينة t يوم .

L_T = الأكسوجين الممتص فى نهاية المرحلة الأولى عند درجة حرارة حفظ T° مئوية .

L_{20} = الأكسوجين الممتص فى نهاية المرحلة الأولى عند درجة حرارة حفظ = ٢٠° مئوية .

مثال : الأكسوجين الحيوى (٥ أيام – ٢٠° مئوية) لعينة من المخلفات السائلة يساوى ١٠٠ جزء فى المليون أوجد :

(ا) الأكسوجين الحيوي فى نهاية المرحلة الأولى عند ٢٠° مئوية .

(ب) الأكسوجين الحيوى إذا حفظت العينة لمدة عشرة أيام عند درجة حرارة ٢٠° مئوية .

(ج) الأكسوجين الحيوى إذا كانت فترة الحفظ يوم واحد عند درجة حرارة ٢٠° مئوية .

(د) الأكسوجين الحيوى إذا كانت فترة الحفظ خمسة أيام عند درجة حرارة ٣٠° مئوية .

الحل (ا) : بالاشارة إلى المعادلات السابقة :

$$\log \frac{L - X_t}{L} = - Kt$$

$$\therefore \log \frac{L - 100}{L} = - 0.1 \times 5 = - 0.5$$

$$\therefore L = 146 \text{ ppm}$$

الحل (ب) :

$$\log \frac{L - X_t}{L} = - Kt$$

$$\therefore \log \frac{146 - Xt}{146} = - 0.1 \times 10 = - 1$$

$$\therefore X^t = 132 \text{ ppm.}$$

الحل (حـ) :

$$\log \frac{L - Xt}{L} = - Kt$$

$$\log \frac{146 - Xt}{146} = - 0.1 \times 1 = - 0.1$$

$$\therefore X_t = 30 \text{ ppm}$$

الحل (د) :

$$Kt = K_{(20)} [1.047^{(t-20)}]$$

$$K_{30} = 0.1 [1.47]^{(30-20)}$$

$$= 0.1585$$

$$Lt = L_{20} [1 + 0.02 (t - 20)]$$

$$\therefore L_{30} = 146 [1 + 0.02 (30 - 20)]$$

$$= 175$$

$$\log \frac{L - Xt}{L} = - Kt$$

$$\therefore \log \frac{175 - Xt}{175} = -.1585 \times 5$$

$$= - 0.79$$

$$\therefore X_t = 148.6 \text{ ppm.}$$

وفى جميع الاختبارات السابقة تظهر النتائج موضحة تركيز المواد الكيماوية فى المليون (Partper million) ، والجدول رقم (١٧ — ١) يبين محتويات المخلفات السائلة بالجزء فى المليون . كما يبين الجدول (١٧ — ٢) مقدار كمية المواد العالقة والذائبة والأكسوجين الحيوى الممتص بالنسبة للشخص الواحد فى مقدراً بالجرام/للشخص ومنه يمكن تحديد مدى تركيز هذه المواد فى المخلفات السائلة بعد معرفة معدل استهلاك الشخص للمياه فى المدينة .

جدول رقم ١٧ — ١

محتويات المخلفات السائلة (بالجزء فى المليون /م)

المحتويات	الكمية ج/م		
	مخلفات مركزه	مخلفات متوسطة	مخلفات ضعيفة
مجموع المواد الصلبة	١٠٠٠	٧٠٠	٤٠٠
عضوية	٥٠٠	٣٥٠	٢٠٠
غير عضوية	٥٠٠	٣٥٠	٢٠٠
مجموع المواد العضوية	٥٠٠	٣٥٠	٢٠٠
عالقة	٢٠٠	١٥٠	٧٠
ذائبة	٣٠٠	٢٠٠	١٣٠
مجموع المواد الغير عضوية	٥٠٠	٣٥٠	٢٠٠
عالقة	٣٠٠	٢٠٠	١٣٠
ذائبة	٢٠٠	١٥٠	٧٠
الأكسوجين الحيوى الممتص. . . .	٤٠٠	٢٥٠	١٥٠
الأكسوجين المستهلك.	١٥٠	٧٥	٣٠
الأكسوجين الذائب	صفر	صفر	صفر
الآزوت الكلى	٨٦	٥٠	٢٥
النوشادرى	٥٠	٣٠	١٥
النيتريت	٠.١٠	٠,٠٥	صفر
النيترات.	٠,٤٠	٠,٢٠	٠,١٠
الكلوريدات	١٧٥	١٠٠	١٥
القلوية	٢٠٠	١٠٠	٥٠
الدهون	٤٠	٢٠	صفر

جدول رقم ١٧ — ٢
كمية المواد العالقة والذائبة والأكسوجين
الحيوى الممتص (جرام /شخص /يوم)

نوع المواد الصلبة	غير عضوية	عضوية	المجموع	الأكسوجين الحيوى الممتص
عالقة	٢٥	٦٥	٩٠	٤٢
قابلة للترسيب . .	١٥	٤٠	٥٥	١٩
صعبة الترسيب . .	١٠	٢٥	٣٥	٢٣
ذائبـة	٨٠	٨٠	١٦٠	١٢
المجموع	١٠٥	١٤٥	٢٥٠	٥٤

مثـال : باستعمال الجدول (١٧ — ٢) المطلوب تقدير تركيز المواد العالقة والأكسوجين الحيوى الممتص للمخلفات السائلة لمدينة تعدادها ٢٠٠٠٠٠ نسمة إذا كان معدل استهلاك المياه فى المدينة ١٥٠ لتر /شخص /يوم .

الحـل : من الجدول المذكور نجد أن المواد العالقة للشخص الواحد ٩٠ جرام /اليوم .

∴ تركيز هذه المواد = ٩٠ جرام فى ١٥٠ لتر
= ٩٠ جرام فى ١٥٠ كيلوجرام
= ٦٠٠ جزء فى المليون .

ومن نفس الجدول نجد أن الأكسوجين الحيوى الممتص للشخص الواحد فى اليوم هو ٥٤ جرام .

∴ تركيز الأكسوجين الحيوى الممتص = ٥٤ جرام فى ١٥٠ لتر
= ٥٤ جرام فى ١٥٠ كيلوجرام
= ٣٦٠ جزء فى الملاون

ومن هذه النتائج يظهر أن هذه المخلفات عالية التركيز .

المكافئ السكانى للمخلفات السائلة الصناعية :

فى المدن الصناعية حيث تكثر المخلفات العالية التركيز للاكسوجين الحيوى الممتص ، كثيراً ما نجلا لايجاد تعداد السكان الذى يعطى مخلفات سائلة تساوى فى الأكسوجين الحيوى الممتص الموجود فى المخلفات الصناعية وهو ما يسمى : المكافىء السكانى (Population equivalent) — ويوضح المثال التالى طريقة ذلك .

مثال : المطلوب ايجاد التعداد السكانى المكافىء لمخلفات صناعية تصرفها سبعه آلاف متر مكعب يومياً إذا كان الأكسوجين الحيوى لهذه المخلفات ٨٠٠ جزء فى المليون .

الحـــل : الأكسوجين الحيوى الكلى للمخلفات

$$= \frac{٧٠٠٠ \times ٨٠٠}{١٠٠٠\ ٠٠٠} = ٥٫٦ \text{ طن/يوم}$$

ولما كان الأكسوجين الحيـــوى للشخص الواحـــد هو ٥٤ جرام/يوم .

$$\therefore \text{التعداد السكانى المكافىء} = \frac{٥٦٠٠\ ٠٠٠}{٥٤} = ١٠٠٠٠٠ \text{ (تقريباً) .}$$

الباب الثامن عشر

اعمال التنقية الابتدائية

Primary Treatment Works

وهذه تشمل كما سبق ذكره :-

(ا) المصافى — Screens

(ب) أحواض حجز الرمال أو أحواض الراسب الرملى — Grit Chambers

(ج) الترسيب الابتدائى — Primary Settling

المصافى Screens

المقصود بعملية المصافى هو تمرير المخلفات السائلة فى مصفاة بغرض حجز المواد الطافية الكبيرة الحجم وذلك لحماية الطلمبات وصيانة للمواسير من الانسداد وكذلك منع تواجد المواد الطافية على سطح الأحواض بشكل يؤذى النظر .

والمصافى المستعملة لهذا الغرض عادة عبارة عن قضبان من الحديد متوازية والمسافة بينها تتراوح بين :

$\frac{1}{4}$ بوصة ←— $1\frac{1}{2}$ بوصة وتسمى مصافى متوسطة الفتحات

$1\frac{1}{2}$ بوصة ←— ٦ بوصة وتسمى مصافى كبيرة الفتحات .

وتوضع هذه القضبان بحيث تكون مستوى واحد يعترض سير المخلفات السائلة فتحجز المواد الطافية التى تزيد عن سعة الفتحة ما بين القضبان أمامها (شكل ١٨ — ١).

واهم مايراعى عند تصميم هذه المصافى هو :

١ — القضبان إما دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين $\frac{1}{2}$ بوصة ، $\frac{3}{4}$ بوصة .

شكل رقم ١٨ — ١

٢ — زاوية ميل القضبان مع المستوى الأفقى من ٣٠° —> ٦٠° — وذلك ليسهل تنظيفها إذ أن المصافى الرأسية أو الأفقية تصعب تنظيفها كما أن ميل المصافى يساعد على تحميل الفضلات أمامها على منسوب سطح الماء.

٣ — يجب ألا تقل سرعة المياه فى المجرى أمام المصفاة screen chamber عن ٦٠ سنتيمتر فى الثانية وذلك منعا لاحتمال حدوث أى ترسيب للمواد العالقة فى المجرى .

٤ — صافى المساحة ما بين القضبان (على المستوى المائل للقضبان) تساوى ضعف مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدية إلى غرفة المصافى (approach channel) — وذلك فى حالة استعمال شبكة صرف منفصلة :

٥ — فى حالة استعمال شبكة صرف مشتركة يكون صافى المساحة ما بين القضبان مساوياً لثلاثة أمثال مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدية إلى غرفة المصافى (approach channel) .

٦ — يجب ألا تزيد مركبة سرعة الماء العمودية على مستوى المصفاة عن ١٥ سنتيمتر فى الثانية حتى لا تسبب ضغطاً للفضلات ما بين القضبان .

٧ — الفاقد فى منسوب الماء أمام وخلف المصفاه أى الفرق فى منسوب الماء أمام وخلف المصفاة يمكن احتسابه من المعادلة :

$$h = 1.4 \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

حيث : h = فرق المنسوبين

v_1 = سرعة الماء فى فتحات المصافى

v_2 = سرعة الماء أمام المصافى

g = عجلة الجاذبية الأرضية

وهذا الفاقد يكـون حوالى عشرة سنتيمترات فى بدء تشغيل المصفاه أى عندما تكون نظيفة ثم يأخذ فى الزيادة حتى يصل حوالى ثلاثين سنتيمتراً وعندئذ يجب تنظيف المصفاة .

المصافى الدقيقة Fine screens

وهذه عبارة عن إمرار المخلفات السائلة خلال فتحات أو شقوق فى ألواح معدنية – ويتراوح عرض هذه الشقوق من $\frac{1}{32}$ بوصة إلى $\frac{1}{8}$ بوصة وطولها من $\frac{1}{2}$ ---> ٢ بوصة ، وهى لا تستعمل عادة إلا فى أحوال خاصة منهـا : –

١ – تصفية المخلفات السائلة قبل التخلص منها بصبها فى نهر أو بحيرة أو بحر بدون أى معالجة بعد ذلك .

٢ – التخفيف عن أحواض ترسيب تتلقى كميات من المخلفات السائلة تجاوز حدود طاقتها .

٣ – وجود مخلفات صناعية تحوى مواد عالقة يصعب ترسيبها .

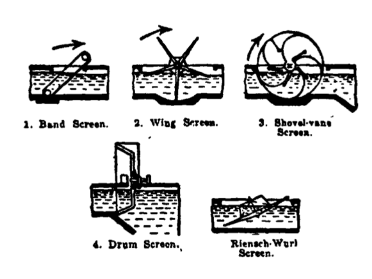
٤ – الاستغناء كلية عن أحواض الترسيب الابتدائى فى بعض عمليات المعالجة بالرواسب (الحمأة) المنشطة .

ومعظم المصافى الدقيقة مسجلة تحت أسماء تجارية خاصة (patent) تقوم بتصنيعها الشركات المنتجة لمهمات معالجة المخلفات السائلة من أمثال شركة (Rex, Tark, Dorr.) دور ، تارك ، ركس .

المصافى المتحركة (شكل ١٨ – ٢)

هناك أنواع من المصافى ترفع من مكانها لتنظيفها وتحل محلها مصافى أخرى ثم تعاد إلى مكانها ، كما أن هناك مصافى عبارة عن أقراص لفافة

ومصافى عبارة عن ألواح مثقبة على شكل شريط دائرى يلف على أسطوانتين أفقيتين وكلا النوعين يتم تنظيفهما أثناء حركتهما .



شكل رقم ١٨ — ٢

طريقة تنظيف المصافى :

وتنظف المصافى العادية يدوياً بأن يقف العامل على الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاه وبواسطة شوكة ذات يد طويلة يرفع المواد التى حجزت أمام المصافى لتبقى على هذا الرصيف فترة تسيل منها ما علق بها من ماء ثم تجمع للتخلص منها .

كما تنظف هذه المصافى فى المدن الكبيرة آلياً بواسطة أمشاط متحركة لها أسنان تتخلل الفتحات بين قضبان المصفاة — وعند وصول المشط إلى الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاة يقوم العامل بتنظيف المشط . أو ينظف المشط آلياً كذلك بواسطة فرشاة خاصة .

أما المصافى الدقيقة فهى تنظف بواسطة فرش دواره خاصة .

طرق التخلص من الفضلات التى حجزتها المصافى :

١ — الدفن فى الأرض (Burial) وذلك بعمل خنادق فى الأرض ثم إلقاء هذه الفضلات فيها وتغطيتها مباشرة — وذلك تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب على سطحها .

٢ — تجفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها — وقد وجد أن هذه هى أنسب طريقة للتخلص من هذه الفضلات .

٣ — تقطيعها (shredding) وفرمها فى مفارم خاصة (grinders) ثم إعادتها إلى بقية المخلفات السائلة لترسيب فى أحواض الترسيب ومن ثم يمكن التخلص منها مع بقية الرواسب .

٤ — حملها فى سفن وإلقائها بعيداً عن الشاطىء وذلك فى البلاد الساحلية .

٥ — تقطيعها وفرمها ثم نقلها إلى أحواض تخمير الرواسب حيث تعالج ويتخلص منها مع بقية الرواسب .

كمية الفضلات التى تحجزها المصافى ومحتوياتها :

تختلف كمية هذه الفضلات ما بين قدم مكعب إلى خمسين قدم مكعب لكل مليون جالون (٨ لتر ——> ٤٠٠ لتر لكل ألف متر مكعب) ويتوقف هذا على محتويات المخلفات السائلة وتركيبها — وكذلك على سعة الفتحات بين القضبان .

وتحتوى مخلفات المصافى على حوالى ٨٠ ٪ من وزنها ماء — كما تشمل الفضلات قطع من الخشب والورق والأقمشة وبقايا الأطعمة ومواد عضوية أخرى سريعة التحلل مما يلزم سرعة التخلص منها بطريقة سليمة .

مثـال : المطلوب تصميم المصافى اللازمة لتصرف قدره متر مكعب/الثانية (حوالى ٩٠ ألف متر٣/يوم) من المخلفات السائلة .

الحـــل :

(ا) تصميم القناة المؤدية إلى المصافى (approach channel)

بفرض السرعة فى هذه القناة = ١٢٠ سم/الثانية

∴ مساحة مقطع القناة = ٠,٧٢ متر مربع

و بفرض العرض = ١٢٠ سم

نجد أن عمق المياه فى المجرى = ٦٠ سم

وكذلك نجد ميل قاع المجرى = ١ : ١٠٠

و بفرض أن التصرف الأقصى يساوى ضعف التصرف المتوسط

∴ ٢ متر٣/الثانية = السرعة × المساحة

$$\therefore \quad Q = A \times V$$

$$Q = A \times \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

ولما كانت $R = \frac{A}{P}$

$$\therefore \quad Q = \frac{1}{n} A^{5/3} S^{1/2} \div P^{2/3}$$

$$\therefore \quad 2 = 40 \times (0.01)^{1/2} \frac{(120\,D)^{5/3}}{(120 + 2\,D)^{2/3}}$$

$$\therefore \quad D = 100 \text{ cm}$$

أى أن عمق المياه فى القناة عند أقصى تصرف = ١,— متر ويفضل أن يرتفع الحائط بمقدار نصف متر عن منسوب المياه لأقصى تصرف — وبذلك يكون الإرتفاع الكلى لجوانب القناة هو متر ونصف .

(ب) تصميم غرفة المصاف :

بفرض أن صافى المساحة بين القضبان (net area) على المستوى المائل يساوى ضعف مساحة القناة المؤدية إلى المصاف

∴ المساحة الصافية هذه = ٠,٧٢ × ٢ = ١,٤٤ متر ٢

وبفرض ميل المصفاة مع السطح الأفقى = ٣٠°

ولما كان عمق الماء = ٦٠ سم ∴ الطول المغمور لقضبان المصفاة =

$\frac{٦٠}{\text{حا}٣٠}$ = ٦٠ × ٢ = ١٢٠ سم

وبفرض قطر قضبان المصفاة = ٢ س م

وبفرض المسافة بين القضبان = ٢,٥ سم = بوصة واحدة

∴ مساحة الفتحة بين كل قضيبين (على المستوى المائل) = ١,٢٠ × ٠,٠٢٥ = ٠,٠٣ متر مربع

∴ عدد الفتحات = $\frac{١,٤٤}{٠,٠٣}$ = ٤٨ فتحة

وبذلك يكون عدد القضبان = ٤٩ فتحة

ويكون عرض حجرة المصاف

= ٤٩ × ٢ + ٤٨ × ٢,٥ = ٢١٨,٥٠ س = ٢,١٨ متر

∴ المساحة العرضية (المقطع) لحجرة المصاف = ٢,١٨٥ × ٠,٦ = ١,٢٠ متر٢

∴ السرعة داخل الحجرة = $\frac{١,٠٠}{١,٢٠}$ = ٠,٨ متر/الثانية

وهى أكبر من السرعة المنطقة الذاتية .

(ج) الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاه = h

$$h = 1.4 \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

حيث : V_1 = سرعة المياه خلال فتحات المصاف

$$= \frac{١,-}{٠,٠٢٥ \times ٤٨ \times ٠,٦} = ٠,١٥ \text{ متر/ثانية}$$

= السرعة فى حجرة المصاف = ٠,٨ متر/الثانية

$$\therefore \quad = \frac{٢١,٥ - ٢٠,٨}{٢ \times ٩,٨} \times ١,٤$$

$$= \frac{٢,٢٥ - ٠,٦٤}{١٩,٦} \times ١,٤ = ٠,١٢ \text{ متر} = ١٢ \text{ سم}$$

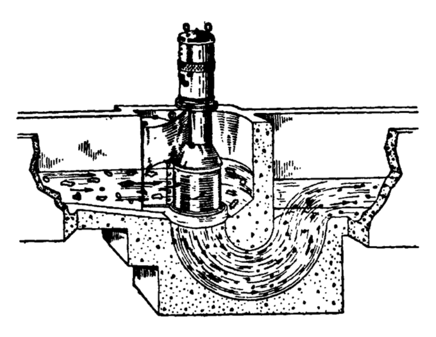
جهاز التقطيع القاطع

Comminutors

وهو جهاز يستعمل لتفتيت المواد الطافية الصلبة والشبه صلبة الموجودة فى المخلفات السائلة دون حجزها أمام المصاف وإزالتها — ويوضع الجهاز فى مجرى المخلفات السائلة لتمر فيه كلها .

والجهاز عبارة عن اسطوانة مفتوحة القاع وفى السطح الجانبى للإسطوانة فتحات عرض ¼" تمر منها المخالفات إلى قاع الاسطوانة ومنها إلى المجرى المائى ثانية — ومثبت بجوار هذه الاسطوانة مشط ذو أسلحة حادة — هذه الاسطوانة تدور بقوة موتور كهربائى وبذلك تقوم الأسلحة الحادة المثبتة فى المشط بتقطيع المواد التى يزيد حجمها عن الفتحات الموجودة فى محيط الاسطوانة إلى أحجام أصغر من هذه الفتحات فتمر فيها مع بقية المخلفات (شكل ١٨ — ٣) لترسب مع غيرها من رواسب فى أحواض الترسيب .

ويوصى دائماً باستعمال جهازين من هذا النوع يعمل أحدهما كالإحتياطى للاخر كما يفضل دائماً وجود شبكة احتياطى يمكن الاعتماد عليها لحجز المواد الطافية فى حالة انقطاع التيار الكهربائى أو زيادة التصرف عن قدرة الجهاز (شكل ١٨—٤) .



شكل رقم ١٨ - ٣

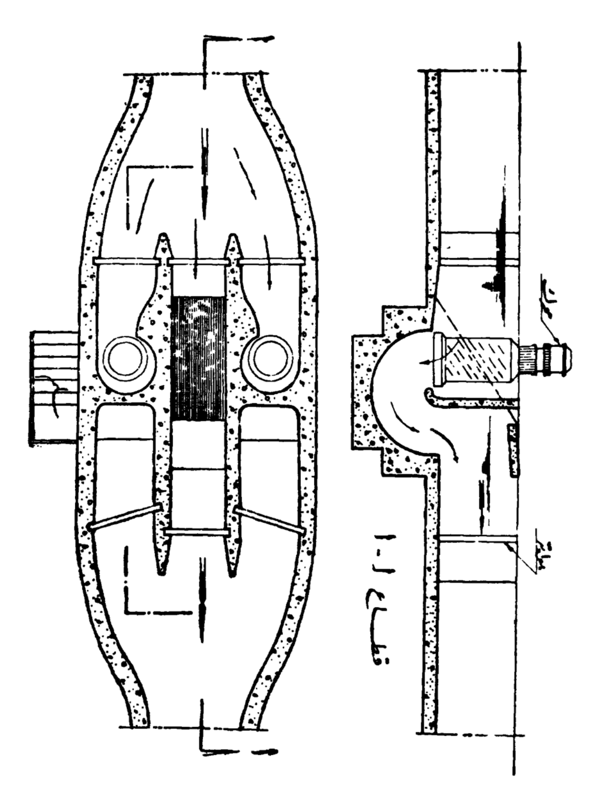
ويتميز هذا الجهاز بأنه يغنى عن عملية حجز الفضلات أمام المصافى وإزالتها والتخلص منها . إذ أن إزالة هذه الفضلات والتخلص منها تعتبر من أكثر عمليات معالجة المخلفات السائلة تعبا ومضايقة للقائمين بالاشراف على محطات المعالجة .

احواض حجز الرمال

Grit Chambers

أحواض حجز الرمال هى أحواض ترسيب الغرض منها ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية العالقة . وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب والدواعى لهذه التفرقة فى ترسيب نوعى الرواسب هى :

١ - طرق التخلص من الرواسب الغير عضوية تختلف عن طرق التخلص من الرواسب العضوية .



شكل رقم ١٨ – ٤

٢ — اختلاط نوعى الرواسب يسبب متاعب فى عمليات المعالجة التى تتبع هذه الخطوة .

لهذا تصمم أحواض حجز الرمال ليرسب فيها المواد الغير عضوية التى يبلغ حجم حبيباتها ٠,٢ مليمترا وأكثر .

وتتكون أحواض حجـــز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافى لحفظ سرعتها عند السرعة التى تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التى يبلغ قطرها ٠.٢ مليمتر فأكثر — وفى نفس الوقت لا تسمح بالمواد العضوية بالترسيب — ولقد وجد أن هذه السرعة تتراوح ما بين ٢٥.٣٥ سنتيمتر/الثانية .

إلا أنه بالرغم من هذا الاحتياط فلقد وجد أن الرواسب فى قاع حجرة حجز الرمال قد تحتوى على حوالى ١٥ ٪ منها مواد عضوية .

اسس تصميم احواض حجز الرمال :

١ — السرعة الأفقية من ٢٥ إلى ٣٥ سنتيمتر /ثانية .

٢ — المدة التى يمكثها الماء فى الحوض حوالى دقيقة .

٣ — بذلك كون طول الحوض حوالى ١٨ — ٢٠ متر .

٤ — معدل التحميل السطحى (surface load or over flow rate)

وهو يتغير تبعاً لتغير حجم حبيبات الرمال التى يرغب فى ترسيبها وهو كما هو موضح بالجدول رقم (١٨ — ١) .

جدول رقم (١٨ ـ ١)

معدل التحميل السطحى فى أحواض حجز الرمال

قطر حبيبات الرمل المطلوب ترسيبها	معدل التحميل ألف جالون/قدم٢/يوم	ألف متر٣/متر٢/يوم
٠,٧٩ ملليمتر	٧٣	٣,٥٠
٠,٣٦ ملليمتر	٥١	٢,٣٠
٠,٢٨ ملليمتر	٣٨	١,٧
٠,١٧ ملليمتر	٢٥	١,١

ولضمان انتظام السرعة الأفقية وحفظها دون تغيير يذكر فى قيمتها بالرغم من التغير فى التصرف المار فى الحوض يوضع فى نهاية الحوض هدار خاص بحيث يتناسب التصرف المار فوق الحوض مع ارتفاع الماء على حافته وهو ما يسمى Propartional flow wier — وهو هدار يشكل خاص عريض من أسفله ويأخذ فى الضيق على شكل منحنى (شكل ١٨ — ٥) معادلته كالآتى : —

$$Q = 7.55 \; l \; h^{3/2} \quad (١)$$

$$l \; h^{1/2} = l_1 \; h_1^{1/2} = l_2 \; h_2^{1/2} = K \quad (٢)$$

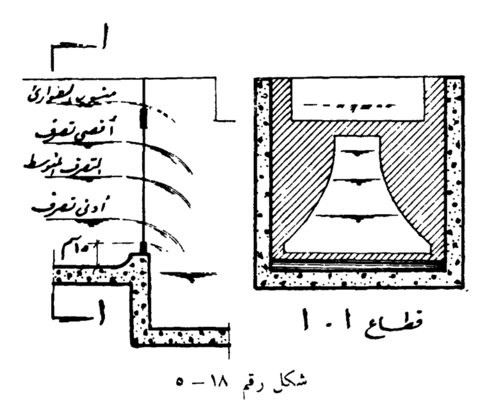
حيث : Q = التصرف المار على الهدار قدم٣/ثانية

l = عرض الهدار على ارتفاع h فوق حافته (بالقدم)

l_1 = عرض الهدار على ارتفاع h_1 فوق حافته (بالقدم).

على أن توضع حافة هذا الهدار فوق قاع الهدار بالمسافة التى لا تسمح بانزلاق الرمال المترسبة على القاع — وتقدر هذه المسافة بخمسة عشر سنتيمتراً. (نصف قدم).

كما يجب أن يكون منسوب الماء فى المجرى خلف الهدار أقل من منسوب حافة الهدار وبذلك يكون التصرف فوقه حرا (free flowing) وليس مغموراً .



شكل رقم ١٨ — ٥

كمية الرمال التى ترسب فى الحوض :

تتوقف كمية الرمال هذه على العوامل الآتية :

١ — طوبوغرافية المدينة ونوع الرصف وطبيعته .

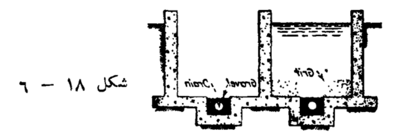
٢ — نوع شبكة الصرف الصحى هل هى مشتركة أم منفصلة — إذ أن كمية الرمال تزيد فى شبكات الصرف التى تحمل مياه الأمطار عن تلك التى لا تحمل مياه الأمطار .

٣ — نوع المخلفات الصناعية التى تصب فى مواسير الصرف وما قد تحويه من مواد غير عضوية ورملية عالقة .

وتتراوح كمية الرمال التى تحجز بحوالى ٢ – ٣ قدم قدم مكعب لكل مليون جالون من المخلفات السائلة . (١٥ – ٢٣ لتر ١٠٠٠ متر مكعب) .

طرق لتنظيف احواض حجز الرمال :

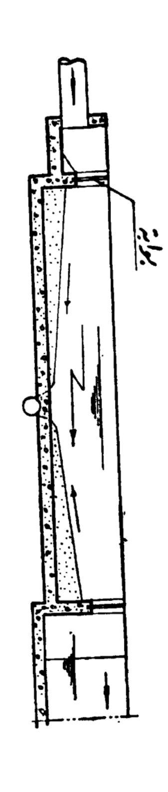
١ – الطرق اليدوية – وذلك بتفريغ الحوض على فترات ثم ازالة الرمال بواسطة آلات يدوية . إلا أن هذه الطريقة لا تستعمل إلا فى العمليات الصغيرة – وفى هذه الحالة يجب عمل الطرق اللازمة لتصفية المياه تماما من الحوض قبل تنظيفه ومن هذه الطرق ، انشاء الحوض بحيث يكون فى قاعة مجرى بطول الحوض يحتوى على خط من المواسير المفتوحة الوصلات والمحاطة بالزلط وفى نهاية خط المواسير ، صمام يفتح لتصفية الحوض مما فيه عند الحاجة لذلك (شكل ١٨ – ٦) .

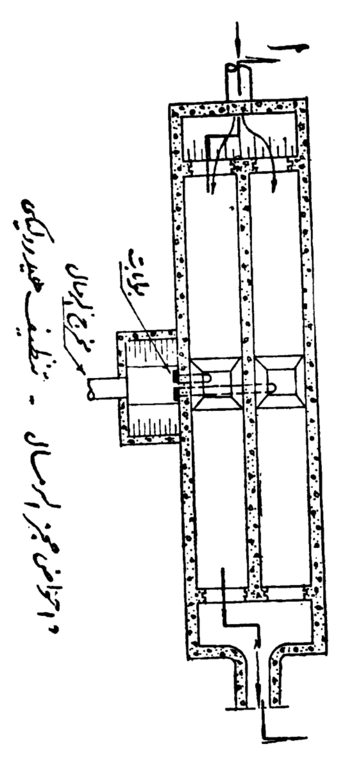


شكل ١٨ – ٦

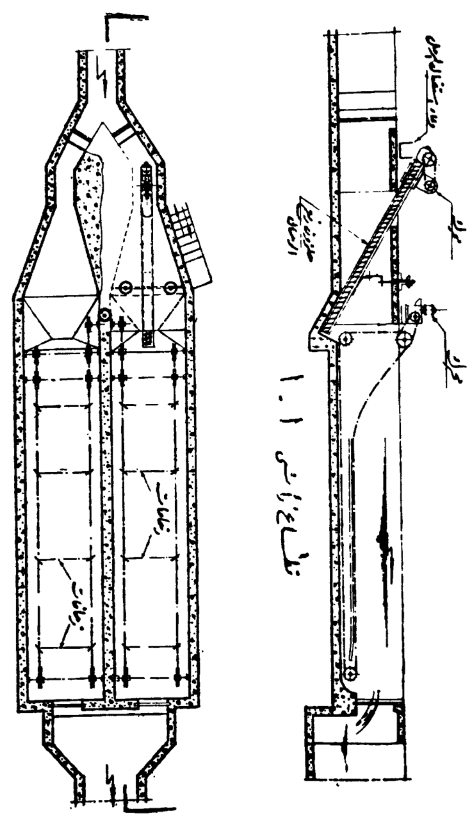
٢ – الطرق الهيدروليكية – وذلك بتفريغ الحوض على فترات ثم إزالة الرمال بتسليط خرطوم مياه (Water jet) على الرواسب فتكسحها إلى خارج الحوض لتسير فى مواسير إلى موضع التخلص منها (شكل ١٨–٧) .

٣ – الطرق الميكانيكية : وفيها يتم تنظيف الحوض باستمرار باستعمال كاسحات تتحرك بقوة موتور كهربائى فتدفع أمامها الرمال إلى منخفض فى مدخل الحوض – ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بواسطة كباشات أو طنبور (Archmedian Screw) إلى أعلى الحوض حيث يمكن جمعها فى أوعية خاصة (شكل ١٨ – ٨) .


بوابة


بوابات
مخرج الرمال
٢ احواض حجز الرمال - تنظيف هيدروليكي

شكل رقم ١٨ — ٧



شكل رقم ١٨ — ٨

طرق التخلص من الرمال المترسبة :

١ – تنقل بعيداً إلى مكان يراد ردمه (filling - dumping) .

٢ – تدفن فى خنادق إذا احتوت على كميات عالية من المواد العضوية

٣ – تفرد على سطح الأرض كسماد لبعض النباتات إذا حوت كمية من المواد العضوية .

أحواض حجز الرمال المهواة (شكل ١٨ – ٩ ، ١٨ – ١٠) :

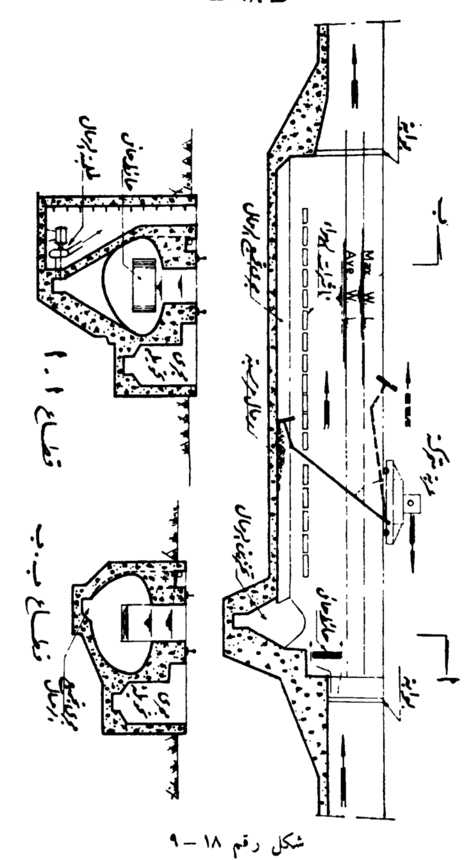
وتستعمل أحيانا أحواض خاصة لحجز الرمال – تعرف بأحواض حجز الرمال المهواة بالهواء المضغط Aerated grit chamber – وهى أحواض مزودة بمواسير موزعة على طول الحوض يخرج منها الهواء تحت ضغط من مخارج خاصة فى الجزء الأسفل من الحوض (ناشرات الهواء air diffusers) بحيث يتراوح معدل خروج الهواء من هذه المخارج من ٣ – ٥ متر مكعب لكل متر طولى للحوض – كما تشكل هذه الأحواض بحيث تكتسب المخلفات السائلة أثناء جريانها منها مساراً حلزونياً .

ومن مزايا هذا النوع من الأحواض :

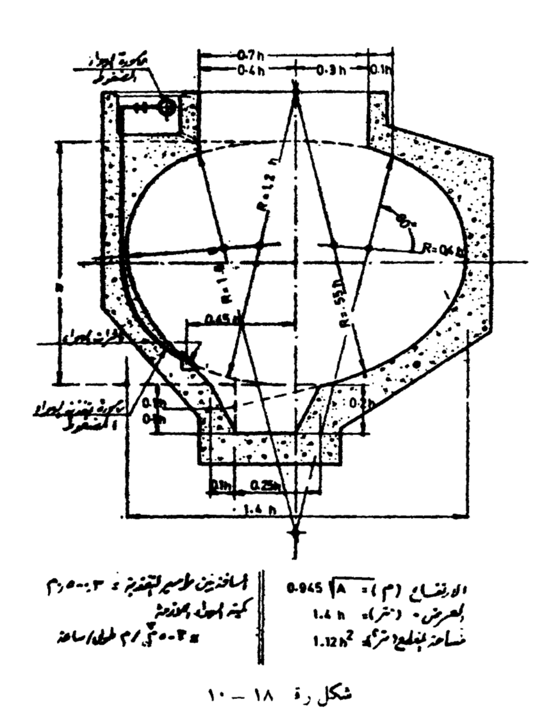
١ – تنظيف حبيبات الرمل مما علق بها من مواد عضوية .

٢ – تهوية المخلفات السائلة وازالة ما بها من غازات ناتجة من تحلل لا هوائى بل اذابة بعض الأكسوجين فيها قبل دخولها فى أحواض الترسيب الابتدائى .

ويتم تنظيف هذه الأحواض بزحافة معلقة بعربة خاصة تسير على قضبان حديدية ممتدة على جدارى الحوض – هذه الزحافة عند تحرك العربة فى اتجاه مدخل الحوض تدفع أمامها الرمال المرسبة لتجميعها فى هرم أو مخروط



شكل رقم ١٨ – ٩



شكل رقم ١٨ — ١٠

معد لاستقبالها — ومنه عن طريق طلمبات خاصة يمكن رفع الرمال إلى نقطة التخلص منها .

مثـــال :-

المطلوب تصميم حجرات الرمال اللازمة لتصرف قدرة ٨٦,٤ ألف متر٣/يوم بفرض ترسيب حبيبات الرمل ذات القطر ٠,٢ مم فأكثر.

الحـــل :-

(ا) تعيين مقاسات الحوض :

مدة بقاء الماء فى الحوض = دقيقة واحدة

السرعة الأفقية فى الحوض = ٣٠ سم/الثانية

∴ طول الحوض = ١٨,٠ متر

ولما كان المطلوب ترسيب حبيبات الرمل ذات القطر ٠,٢ مم فأكثر فأن معدل التحميل السطحى = ١٥٠٠ متر٣ فى المتر المسطح فى اليوم (من الجدول ١٨ - ١).

∴ المساحة السطحية للحوض = $\frac{٨٦٤٠٠}{١٥٠٠}$ = ٦٠ متر٢

∴ عرض الحوض = $\frac{٦٠}{١٨}$ = ٣,٣ متر

∴ نختار حوضين عرض كل حوض ١,٦٥ متر (٥,٥٠ قدم) - ويضاف حوض آخر احتياطى.

حجم الحوض = التصرف × زمن بقاء الماء فى الحوض

= ١ × ٦٠ = ٦٠ متر مكعب

∴ عمق الحوض = $\frac{\text{الحجم}}{\text{المساحة السطحية}}$ = $\frac{٦٠}{٦٠}$ = ١ متر

(ب) كمية الرمال المجمعة فى الحوض :

تتوقف كمية الرمال المترسبة فى حوض حجز الرمال كما سبق ذكره على طبيعة المخلفات السائلة المعالجة ومصدرها. وتتراوح من ١٠٠ إلى ١٨٠ لتر لكل ١٠٠٠ متر مكعب (١٤٠ لتر فى المتوسط).

∴ كمية الرمال المترسبة فى اليوم = ١٤٠ × ٨٦,٤ = ١٢٥٠٠ لتر
= ١٢,٥ متر مكعب

∴ المساحة السطحية للأحواض = ٦٠ متر مربع

∴ ارتفاع طبقة الرمل المترسب/يوم = ١٢,٦ = ٠,٢٠ متر

فاذا نظف الحوض مرتين يومياً كان ارتفاع طبقة الرمل المترسبة بين عمليتى تنظيف ما يقرب من ١٠ سم ، ولذلك يجب أن تكون حافة هدار المخرج لحوض حجز الرمال على ارتفاع ٥ سم فوق سطح الرمل المترسب أى ١٥ سم فوق قاع حوض حجز الرمال .

(ج) تصميم هدار المخرج (Proportional flew wier) :

التصرف الكلى = ٨٦.٤ ألف متر مكعب/اليوم
= ٢٢.٨٣ مليون جالون / اليوم
= ٣٤ قدم مكعب /الثانية

التصرف الكلى = متر مكعب/الثانية
= ٣٥,٣ قدم مكعب/الثانية

التصرف للحوض الواحد = ١٧.٦٥ قدم مكعب/الثانية

عمق الماء فى الحوض = ١,ـ متر = ٣,٢٨ قدم

ارتفاع الهدار فوق قاع الحوض= ٠,١٥ متر = ٠,٥ قدم

∴ ارتفاع الماء فوق الهدار = h = ٠,٨٥ متر = ٢,٧٨ قدم

$$Q = 7.55\ l\ h^{3/2}$$

$$\therefore\ 17.65 = 7.55\ l\ (2.18)^{3/2}$$

$$\therefore\ l = 0.5\ ft$$

$$\therefore\ K = l\ h^{1/2} = 0.5 \times (2.78)^{1/2} = 0.8?$$

ومن ثم يمكن ايجاد شكل المنحنى بالتعويض فى المعادلة :

$$0.83 = K = l_1 \, h_1^{1/2} = l_2 \, h_2^{1/2} = ...$$

وبفرض قيم مختلفة لارتفاع الماء فوق الهدار « h » يمكن ايجاد عرض الهدار « l » عند هذا الارتفاع . وكذلك سرعة المياه فى الحوض عند جريانه بأعماق تتراوح من الحد الأدنى للتصرف وقدره نصف التصرف المتوسط والحد الأقصى للتصرف وقدره مرة ونصف التصرف المتوسط . كما فى الجدول (١٨ — ٢) .

ومن هذا الجدول يتضح أن عند أدنى تصرف (٨,٨ قدم٣ فى الثانية) تكون السرعة ٠.٨٣ قدم فى الثانية — كما أنه عند أقصى تصرف (٢٦,٢٥ قدم٣ فى الثانية) تكون السرعة ١.٠٢ قدم فى الثانية — وكلتا السرعتين فى الحدود المصرح بها والتى تسمح بترسيب المواد الغير العضوية (الرمال) ولا تسمح بترسيب المواد العضوية .

جدول رقم (١٨ — ٢)

h ft	$h^{1/2}$	$l=\frac{K}{h^{1/2}}$ ft	d = (ft) h + 0.5	A = Bd ft^2	Qf ³/ses =7.55 $lh^{3/2}$ =7.55 K h	V = QA
٠.٢	٠.٤٤٦	١.٨٦	٠.٧	٣.٨٥	١.٢٥	
٠.٤	٠.٦٣٠	١.٣٢	٠.٩	٤.٩٥	٢.٥٠	
٠.٦	٠.٧٤٢	١.١٢	١.١	٦.٠٥	٣.٧٥	
٠.٨	٠.٨٩٠	٠.٩٣	١.٣	٧.١٥	٥ —	
١.—	١١.٠	٠.٨٣	١.٥٠	٨.٢٥	٦.٢٥	
١.٢	١.١٠٠	٠.٧٦	١.٧	٩.٣٥	٧.٥٠	
١.٤	١.١٨	٠.٧١	١.٩	١٠.٤٥	٨.٧٥	٠.٨٣
١.٦	١.٢٦	٠.٦٦	١.١٠	١١.٥٥	١٠.—	
١.٨	١.٣٤	٠.٦٢	٢.٣٠	١٢.٦٥	١١.٢٥	
٢.—	١.٤٢	٠.٥٨	٢.٥٠	١٣.٧٥	١٢.٥٠	
٢.٢	١.٤٥	٠.٥٦	٢.٧	١٤.٨٥	١٣.٨٥	
٢.٤	١.٥٤	٠.٥٣	٢.٩	١٥.٩٥	١٥.٧٥	
٢.٦	١.٦٣	٠.٥١	٣.١	١٧.٠٥	١٦.٢٥	
٢.٨	١.٦٧	٠.٤٩٠	٣.٣	١٨.١٥	١٧.٥٠	٠.٩٦
٣.٠	١.٧٣	٠.٤٨٠	٣.٥٠	١٩.٢٥	١٨.٧٥	
٣.٢	١.٧٩	٠.٤٧٠	٣.٧	٢٠.٣٥	٢٩.٧٥	
٣.٤	١.٨٤	٠.٤٥٠	٣.٩٠	٢١.٤٥	٢١.٢٥	
٣.٦	١.٩	٠.٤٤٠	٤.١٠	٢٢.٥٥	٢٢.٥٠	
٣.٨	١.٩٥	٠.٤٣٠	٤.٣٠	٢٣.٦٥	٢٣.٧٥	
٤.—	٢.—	٠.٤١٥	٤.٥٠	٢٤.٧٥	٢٥.—	
٤.٢	٢.٠٥	٠.٤٠٥	٤.٧	٢٥.٨٥	٢٦.٢٥	١.٠٢

احواض الترسيب الابتدائى

Primary Settling Tanks

والغرض من أحواض الترسيب الإبتدائى هو ترسيب أكبر كمية من المواد العضوية العالقة فى المخلفات السائلة — وهى لا تختلف كثيراً عن أحواض الترسيب الطبيعى المستعملة فى عمليات أمداد المدن بالمياه بالنسبة للعوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب . وهى كما سبق ذكره فى الباب السابع : كثافة المواد العالقة . كثافة الماء ، لزوجة الماء ، شكل المواد العالقة . حجم المواد العالقة . سرعة جريان الماء فى الحوض . تركيز المواد العالقة . مدة بقاء الماء فى الحوض . معدل الحمل السطحى ، درجة انتظام دخول الماء وخروجه إلى ومن الحوض . طريقة تنظيف الحوض

ويمكن تقسيم أحواض الترسيب إلى نوعين رئيسيين . كما سبق ذكره فى الباب السابع :

١ — أحواض ترسيب ذات تصرف رأسى .

٢ — أحواض ترسيب ذات تصرف أفقى .

كما يمكن تقسيم الأحواض بالنسبة لطريقة التنظيف إلى :

١ — أحواض تنظف يدوياً .

٢ — أحواض تنظف هيدروليكياً .

٣ — أحواض تنظف ميكانيكياً .

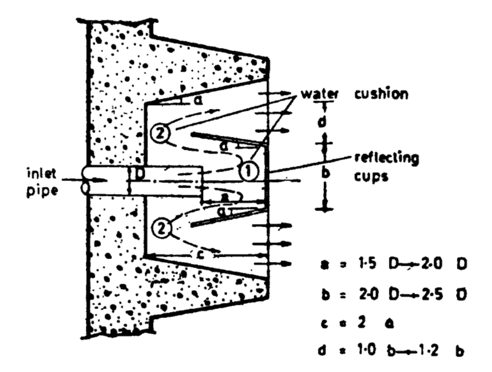
إلا أنه يجب مراعاة أنه يتجمع على سطح الماء فى أحواض الترسيب للمخلفات السائلة مواد طافية (خبث). ولذلك يجب أن يعمل الترتيب اللازم لإزالة هذا الخبث وإخراجه من الحوض أسوة بالرواسب التى تتجمع فى قاع الحوض .

تصميم المداخل والمخارج لحوض الترسيب :

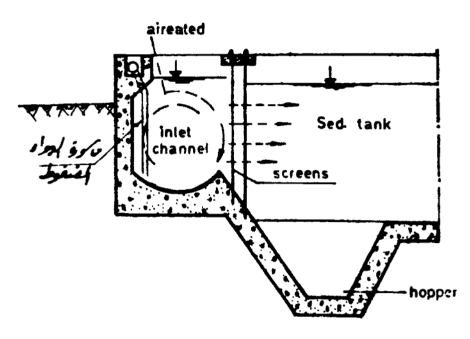
تتأثر كفاءة أحواض الترسيب بانتظام دخول الماء وخروجها منه — وقد سبق شرح ذلك تفصيلا فى أحواض الترسيب الطبيعى لامداد المدن بالمياه (الباب السابع) ويبين شكل (١٨ — ١١) تفاصيل مدخل شتوتجارت السابق ذكره .

وفى بعض عمليات التنقية يتم توزيع المخلفات السائلة على الأحواض المختلفة عن طريق قناة ذات قاع على شكل ربع دائرة تقريباً (شكل ١٨—١٢) ومزودة بمواسير موزعة بكامل طول أحد جوانبها . يخرج من هذه المواسير الهواء المضغوط مما يسبب سير المخلفات السائلة فى القناة فى حركة حلزونية وتدخل المخلفات إلى الأحواض خلال فتحات فى الجانب المقابل للقناة —

وتؤدى هذه الطريقة إلى انتظام دخول المخلفات السائلة فى الحوض كما يؤدى إلى تهويتها وازالة ما بها من غازات ناتجة من تحلل الأهوائى بل وإذابة بعض الأكسوجين قبل دخولها إلى أحواض الترسيب .



شكل رقم ١٨ ــ ١١



شكل رقم ١٨ ــ ١٢

اسس تصميم أحواض الترسيب الابتدائي :

١ – مـدة المكث :

(ا) أحواض ترسيب لا يعقبها معالجة نهائية للمخلفات : ٢ – ٤ساعة

(ب) أحواض ترسيب يعقبها مرشحات الزلط : ٢ – ٢.٥ ساعة

(ج) أحواض ترسيب يعقبها أحواض تنشيط الرواسب : ١.٥ –٢ساعة

والشكل رقم (١٨ – ١٣) يبين العلاقة بين مدة المكث وكفاءة الترسيب ومنه يتضح أن كفاءة ازالة المواد العالقة تفضل كفاءة خفض الأكسوجين الحيوى لنفس زمن المكث . كما يتضح أن الزيادة المنتظرة من مضاعفة مدة المكث أطول مما ذكر أعلاه لا تتناسب مع زيادة تكاليف انشاء وصيانة الأحواض اللازمة لمواجهة الزيادة فى زمن المكث .

٢ – السرعة الأفقية :

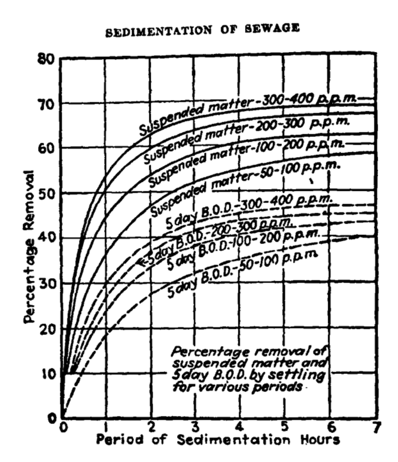
يجب ألا تزيد عن ثلاثين سنتيمتر /الدقيقة .

٣ – نسبة المقاسات الرئيسية للحوض :

العمق = حوالى ثلاثة أمتار يضاف إلى ذلك العمق اللازم لتخزين الرواسب .

العمق = حوالى من $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{1}{2}$ العرض .

الطول = حوالى من ثلاثة إلى خمسة أضعاف العرض – بحد أقصى لا يتجاوز خمسين متر .



شكل رقم ١٨ ـ ١٣

٤ ـ معدل للتحميل السطحى :

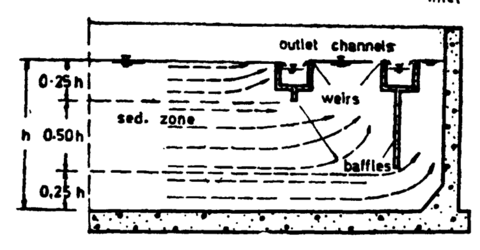
لا يتجاوز ٣٠ ـ ٤٥ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم .

٥ ـ تبلغ كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى :

إزالة المواد العالقة : ٤٥ ـ ٦٠ ٪

خفض الأكسوجين الحيوى الممتص : ٣٠ ـ ٤٥ ٪

٦ ـ معدل التحميل على هدار المخرج لا يزيد عن ٦٠٠ متر٣ للمتر الطولى فى اليوم وفى سبيل ذلك يشكل المخرج ليكون عدد من الهدارات المتوازية فى نهاية الحوض (شكل ١٨ ـ ١٤) .



شكل رقم ١٨ – ١٤

وفيما يلى وصف بسيط لمختلف أحواض الترسيب الأبتدائى المستعملة فى عمليات معالجة المخلفات السائلة :

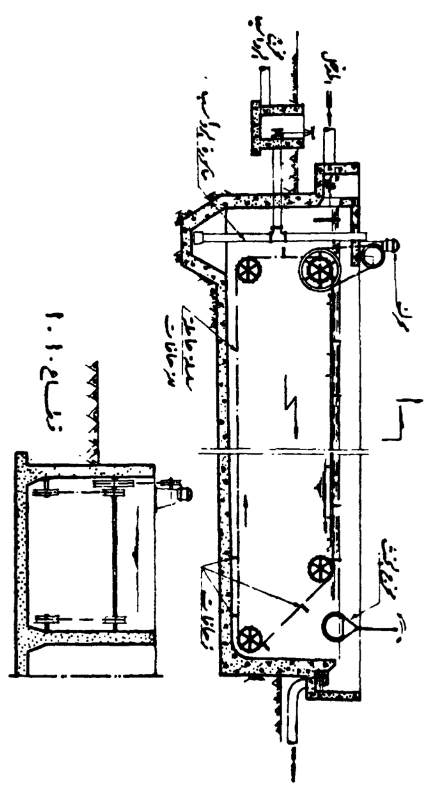
١ – أحواض ترسيب مستطيلة هرمية القاع :

وفى هذه الأحواض ترسب المواد العالقة فى رؤوس الأهرامات المقلوبة المكونة للقاع – ومن رؤوس هذه الأهرام تخرج مواسير مركب عليها الصمامات اللازمة التى إذا فتحت خرجت الرواسب من الحوض إلى قناة الرواسب التى تحملها إلى مكان تجميع الحماة وتجفيفها ذلك بفعل الضغط الهيدروليكى فوقها .

٢ – أحواض الترسيب المستطيلة ذات السلسلة

Link Belt Settling tanks

وهى أحواض مستطيلة تسير فيها الماء فى اتجاه أفقى – ذات قاع يميل بانحدار بسيط نحو هرم مقلوب أو أكثر عند المدخل – وفى هذه الحوض



شكل ١٨ — ١٥

تركب سلسلتين كل سلسلة على أربعة عجلات ذات تروس مثبتة فى أحد جوانب الحوض ، وتتصل السلسلتان بواسطة قضبان حديدية بعرض الحوض ، ويركب على هذه القضبان أمشاط خشبية تزحف على قاع الحوض عند تحريك السلسلتين .

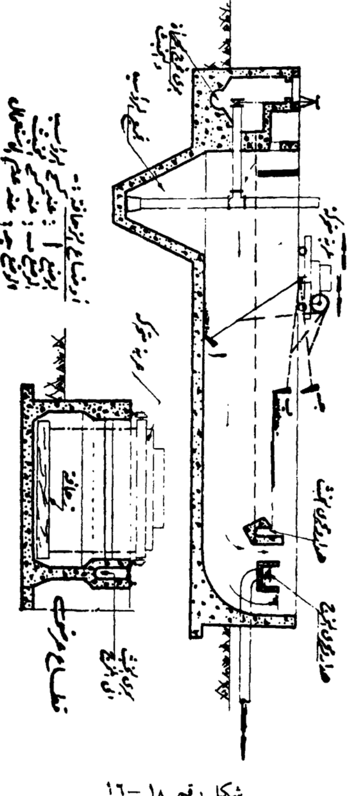
ويتم تحريك السلسلتين فى الاتجاه المبين على الرسم (شكل ١٨ — ١٥) بواسطة محرك كهربائى فتتحرك الأمشاط دافعة أمامها الرواسب المتراكمة على القاع حتى تسقط فى الأهرام المقلوبة عند مدخل الحوض — ثم ترتفع الأمشاط لتسير على سطح الماء وبذلك تدفع أمامها الخبث إلى مجرى الخبث الموجود أمام هدار المخرج .

٣ — أحواض لبزج للترسيب الابتدائى (Leipzig tanks) :

وهى أحواض مستطيلة تسير فيها المياه فى اتجاه أفقى . تدخلها المياه عن طريق فتحات مستطيلة بأعلى الحوض وبالعرض الكامل للحوض —— لتمر تحت حائط حائل أمام المدخل ثم تسير بطول الحوض حيث تمر تحت حائط لحجز المواد الطافية (الخبث) أمام هدار المخرج وفى القاع عند مدخل الحوض توجد هرم مقلوب أو أكثر لتجميع الرواسب فيها قبل صرفها خارج الحوض .

وتمتاز هذه الأحواض بطريقة التنظيف التى ابتدعها دكتور ميدر (Dr. Mieder) إذ تستعمل زحافة واحدة تخدم الأحواض المتجاورة فتنقل من حوض إلى حوض على عربة خاصة تسير على قضبان حديدية ممتدة بطول جوانب الأحواض عند المدخل أو المخرج (شكل ١٨ — ١٦) .

ويتم تنظيف الحوض بدفع الزحافة بسرعة بطيئة جداً على قضبان حديدية بطول الحوض ويتصل بهذه الزحافة مشط يمكن خفضه إلى



شكل رقم ١٨ — ١٦

قاع الحوض أو رفعه إلى سطح الماء فى الحوض . وعند ازالة الرواسب تسير الزحافة متجه من المخرج إلى المدخل مع خفض المشط إلى القاع فيدفع أمامه الرواسب الموجودة على القاع إلى الهرم المقلوب الموجود فى قاع الحوض عند المدخل .

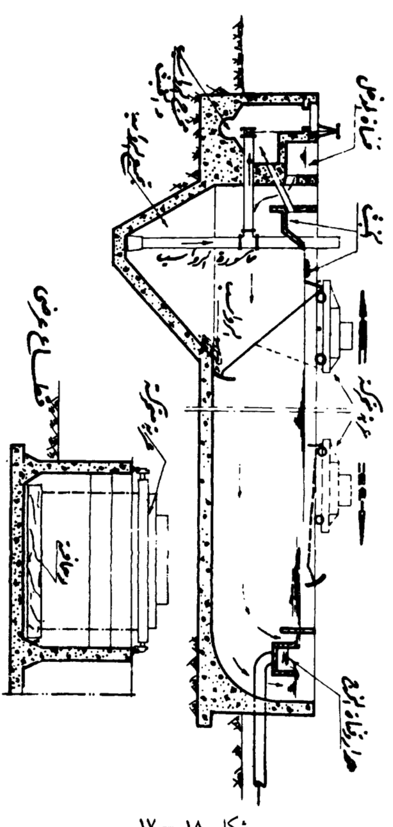
أما الخبث الطافى على سطح المياه فيتم إزالته عند سير الزحافة متجهة من المدخل إلى المخرج مع رفع المشط إلى سطح الماء فى الحوض فيدفع أمامه الخبث إلى مجرى الخبث أمام هدار المخرج ومنه يسير الخبث فى مجرى خاص موجود بجزاء طول الحوض حتى يلتقى بالرواسب فى مجرى خاصة عند المدخل .

كما يمكن وضع مجرى الخبث أمام المدخل بدلا من أمام هدار المخرج وفى هذه الحالة تزود العربة بسلاحين أ ، ب (شكل ١٨ – ١٧) ، وعند حركة العربة فى إتجاه المدخل ينزلق السلاح «أ» على القاع ليزيح أمامه الرواسب إلى الهرم المقلوب الموجود فى قاع الحوض أمام المدخل – وكذلك يتحرك السلاح «ب» على سطح المياه ليزيح أمامه الخبث إلى مجرى الخبث أمام المدخل ، وعند وصول العربة إلى نهاية مسارها فى اتجاه المدخل يرفع السلاحين فوق سطح الماء وتعود العربة فى اتجاه المخرج لتعيد الكرة .

وتتميز هذه الطريقة بسهولة جمع الخبث مع الحمأة فى المجرى بجزاء الحوض . والاستغناء على مجرى الخبث الذى يحتاج لصيانة مستمرة نظراً لسدده المتكرر .

وتتميز طريقة التنظيف هذه بالآتى :

١ – استعمال زحافة واحدة تخدم أى عدد من الأحواض المتلاصقة .



شكل ١٨ — ١٧

وفى هذا وفر فى التكاليف الانشائية .

٢ - لا تحتاج الزحافة إلى محرك قوى لتشغيلها بل يكفى محرك قوة حصانين ميكانيكيين فقط .

٣ - عدم وجود الأمشاط الكاسحة باستمرار تحت الماء مما يسهل الصيانة والإصلاح .

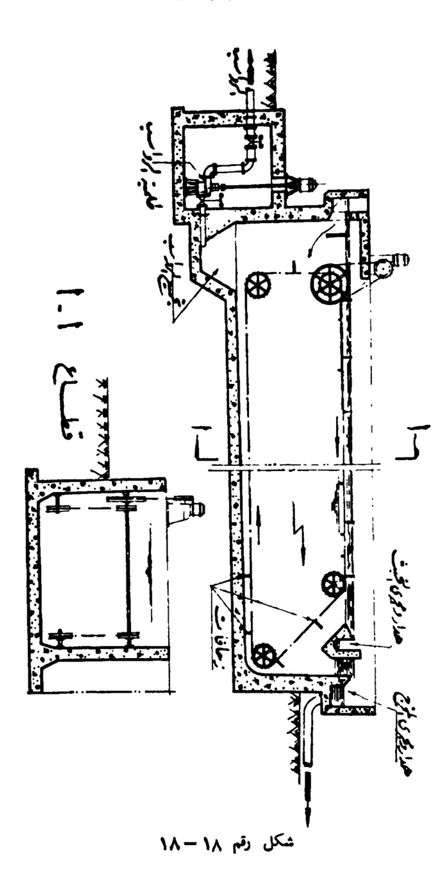
وتخرج الحمأة من الأهرام المقلوبة بفعل الضغط الهيدروليكى الواقع عليها عن طريق الماسورة الموصلة من قاع أو رأس الهرم المقلوب إلى مجرى الرواسب الموجود بجزاء الحوض من ناحية المدخل . ومنه إلى بيارة محطة طلمبات الرواسب التى ترفعها إلى موقع معالجتها أو التخلص منها .

وفى بعض المحطات المعالجة الصغيرة يستغنى عن بيارة محطة رفع الحمأة بتوصيل الطلمبات رأساً إلى الأهرام المقلوبة حيث تجمع الرواسب فى مدخل الحوض (شكل ١٨ - ١٨) .

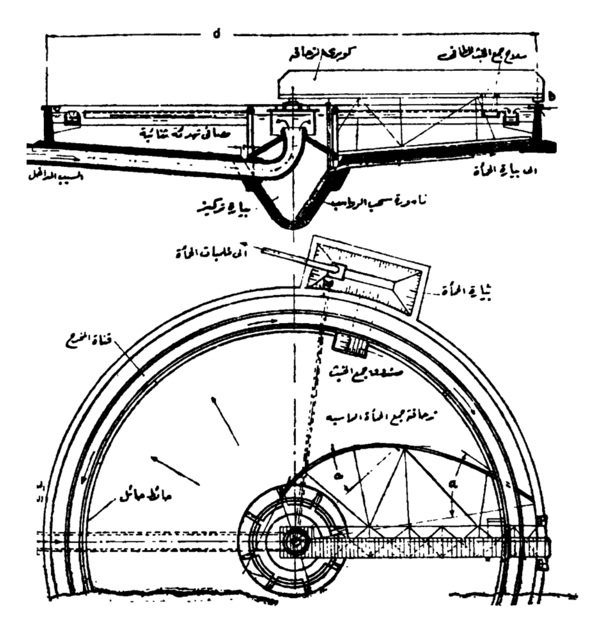
٤ - أحواض ترسيب دائرية ذات تصرف قطرى :

وفى هذه الأحواض تدخل المياه فى ماسورة حتى محور الحوض حيث تصب فى ماسورة رأسية قصيرة ومن ثم تخرج من الماسورة الرأسية فتسير فى اتجاه قطرى حتى هدار المخرج على طول محيط الحوض .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات تزحف على القاع ومتصلة بمحرك على كوبرى يرتكز على الحائط الدائرى للحوض - وعند دوران المحرك تكسح الزحافات ما أمامها من رواسب إلى هرم أو مخروط مقلوب فى محور الحوض ومن هذا الهرم تخرج ماسورة الرواسب التى يتم تشغيلها بصمام خاص (شكل ١٨ - ١٩ . ١٨ - ٢٠) .

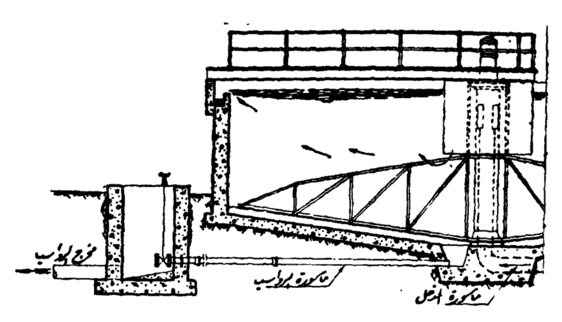


شكل رقم ١٨ — ١٨



شكل ١٨ — ١٩

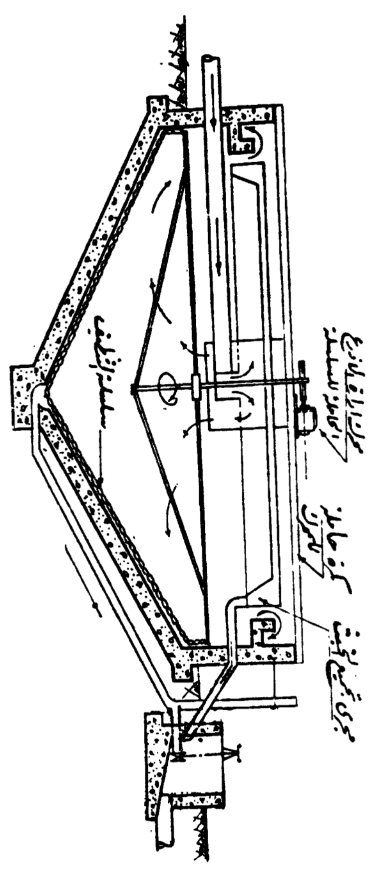
أما الخبث الذى يطفو على سطح الماء فى الحوض فيجمع بواسطة مشط مغمور غمراً جزئياً . فاذا دار المشط أزاح ما أمامه من خبث إلى غرفة الخبث فى جانب الحوض . ليخرج منها الخبث ليلتقى مع الرواسب المزالة من قاع الحوض و ـ م التخلص منهما معا .



شكل ١٨ — ٢٠

وهناك نوع من الأحواض الدائرية يستعاض عن الزحافات المستعملة لتنظيف القاع بسلاسل معلقة فى طرفيها بقضيب قطرى وبحيث تكون ملامسة لقاع الحوض باستمرار : والقضيب القطرى معلق من منتصفه بواسطة عامود رأسى بمحرك (شكل ١٨ — ١٢) . وعند دوران المحرك — يدور المحور الرأسى ومعه القضيب الأفقى والسلسلة التى تدفع أمامها الرواسب إلى مركز الحوض حيث تخرج ماسورة الرواسب — إلا أنه نظراً لضعف السلسلة فى كسح الرواسب فأنه يجب أن يكون قاع الحوض على شكل مخروط راسمه يميل ٣٠° مع الأفقى مما يساعد على انزلاق الرواسب إلى المحور .

مثال : المطلوب تصميم حوض الترسيب الابتدائى من النوع المستطيل اللازم لمعالجة المخلفات السائلة قدرها ٧٦٠٠٠ مترمكعب/اليوم إذا كان الحوض متبوعا بأحواض تنشيط الحمأة والترسيب النهائى وذلك باعتبار أسس التصميم الآتية :


محرك ادارة الاذرع
الحاملة للسلسلة
كمرة حاملة
للمحرك
مجرى تجميع الخبث
سلسلة التنظيف

شكل ١٨ — ٢١

مدة مكث المخلفات فى الحوض = ١.٧٥ ساعة
معدل التحميل السطحى لا يزيد عن ٤٥ متر٣/متر٢/يوم
معدل التحميل على هدار المخرج لا يزيد عن ٦٠٠ متر٣/متر٢/يوم
السرعة الأفقية لا تزيد عن ٣٠ سم/الدقيقة .

الحل :

(١) المقاسات الرئيسية للحوض :

المساحة السطحية للحوض = $\frac{٧٦٠٠٠}{٤٠}$ = ١٩٠٠ متر٢

سعة الحوض = $\frac{١.٧٥ \times ٧٦٠٠٠}{٢٤}$ = ٥٥٠٠ متر٣

∴ عمق الحوض = ٥٥٠٠ ÷ ١٩٠٠ = ٢.٩ متر

وباختيار نسبة الطول : العرض تساوى ٤ : ١ وعرض الحوض = ٧.٥ متر فان طول الحوض يساوى ٣٠ متر .

وبذلك يكون عدد الأحواض اللازمة = $\frac{١٩٠٠}{٣٠ \times ٧.٥}$ = ٨

∴ التصرف المار فى كل حوض = $\frac{٧٦٠٠٠}{٨}$ = ٩٥٠٠ متر٣/يوم

= ٦,٦ متر٣/الدقيقة

∴ السرعة الأفقية فى الحوض = $\frac{٦,٦}{٢.٩٠ \times ٧.٥}$ = ٢٩ سم/الدقيقة

وتسهيلا لعملية تنظيف الحوض ينى الحوض بحيث يكون القاع مائلا نحو المدخل حوالى ١ : ٨٠ وبذلك يقترح :

أن يكون عمق الماء فى الحوض عند المدخل = ٣.١٠ متر
وأن يكون عمق الماء فى الحوض عند المخرج = ٢.٧٠ متر
والعمق المتوسط للمياه = ٢.٩٠ متر

على أن يبنى الحوض بحيث ترتفع الحافة العليا للحائط حوالى ثلاثين سنتيمتراً عن سطح الماء فيه ، وبذلك يكون :

العمق الكلى للحوض عند المدخل = ٣٫٤٠ متر

العمق الكلى للحوض عند المخرج = ٣٫– متر

العمق الكلى المتوسط = ٣٫٢٠ متر

(ب) حيز تخزين الرواسب :

باعتبار المواد العالقة ٤٠٠ جزء فى المليون وان كفاءة الترسيب ٦٠ ٪ من هذه المواد العالقة :

$$\therefore \text{كمية المواد العالقة فى اليوم} = \frac{٤٠٠ \times ٧٦٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ٣٠٫٤ \text{ طن}$$

$$\therefore \text{كمية المواد المرسبة} = ٣٠٫٤ \times ٠٫٦ = ١٨٫٢٤ \text{ طن}$$

وباعتبار أن الحمأة تحتوى على ٩٥٪ مياه . ٥٪ مواد صلبة مرسبة يكون الوزن الكلى للحمأة ٣٦٤.٨ طن .

وباعتبار كثافة الحمأة لا تزيد عن ١.٠٢ يكون الحجم الكلى للحمأة ٣٦٠ متر مكعب فى اليوم . وحجم الحمأة لكل حوض = ٣٦٠ ÷ ٨ = ٤٥ متر٣ .

وباعتبار الحوض سينظف ثلاثة مرات يومياً يكون حجم الحمأة المجمعة بين كل عمليتى تنظيف ١٥ متر٣ .

فاذا كان فى كل حوض هرمين مقلوبين فى مدخل كل حوض كان حجم كل هرم ٧.٥ متر مكعب .

ولما كان عرض الحوض ٧.٥ متر فان طول ضلع القاعدة العليا للهرم المقلوب = ٣.٧٥ متر .

وباختبار طول ضلع القاعدة السفلى للهرم المقلوب = ٠,٥ متر وعمق الهرم المقلوب = ٠,٥٠ فان حجم الهرم المقلوب يكون كافياً لاستيعاب الحمأة المجمعة بين عمليتى التنظيف .

(ج) تصميم القنوات المؤدية إلى الأحواض :

ـ القناة الرئيسية وتحمل كل التصرف بسرعة ٣٠سم/الثانية .

∴ مساحة المقطع العرضى للقناة = $\frac{\text{التصرف}}{\text{السرعة}}$

$$= \frac{٧٦٠٠٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠ \times ٠.٣٠}$$

= ٢.٩٦٧ متر٢

∴ العمق = ١.٢٢ متر   والعرض = ٢,٤٥ متر

وتتفرع هذه القناة إلى قناتين كل قناة تخدم أربعة أحواض وبذلك يكون ابعاد هذه القناة :

العرض = ١,٢٢ متر   العمق = ١,٢٢ متر

وتأخذ هذه القناة فى الضيق بعد كل حوض بينما يبقى العمق ثابتاً وذلك لأن التصرف المار فى هذه القناة يقل لدخول بعضه فى الأحواض المتجاورة ـ

(د) تصميم المداخل فى كل حوض :

التصرف الكلى   = ٧٦٠٠٠ متر مكعب/يوم

= ٠.٨٩ متر مكعب /الثانية

∴ التصرف فى كل حوض = $\frac{٠.٨٩}{٨}$ = ٠,١١ متر٣/الثانية

وباختيار المدخل عبارة عن فتحات متجاورة بالعرض الكامل للحوض وبحيث تكون السرعة فى هذه الفتحات ٠٫٣٠ متر فى الثانية .

∴ المساحة الكلية للفتحات = ٠٫١١١ ÷ ٠٫٣٠

= ٠٫٣٧ متر مربع

وباختيار عدد الفتحات = ١٠

∴ مساحة كل فتحة = ٠٫٠٣٧ متر مربع

= ٣٧٠ سم^{2}

وبذلك يمكن اختيار أبعاد كل فتحة :

العمق ١٥ سم — العرض ٢٥ سم

كما تكون المسافة بين كل فتحتين ٥٠ سم وبين الفتحـــة الأخيرة والحائط الجانبى للحوض ٢٥ سم .

على أن يوضع أمام هذه الفتحـات حائط حائل (baffle) تمتد ٣٠ سم فوق سطح الماء ويمتد تحت سح الماء بحيث يحد من سرعة اندفاع الماء إلى الحوض وكذلك ليوجه الماء فى دخوله ليمنع تكوين مناطق مشلولة فى جسم الحوض .

(هـ) تصميم هدار المخرج :

التصرف الكلى للأحواض = ٧٦٠٠٠ متر^{3}/يوم

تصرف كل حوض = ٧٦٠٠٠ ÷ ٨ = ٩٥٠٠ متر^{3}/يوم

طول الهدار = ٩٥٠٠ ÷ ١٦ متر

ولما كان عرض الحوض ٧.٥ متر فأنه أما أن يمتد الهدار على الحائطين الجانبين للحوض مسافة ٤ متر على كل حائط أو يبنى هدارين متوازيين عند المخرج كما فى شكل ١٨ ـ ١٤ .

التهوية الابتدائية Pre-aeration tanks

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة فى أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية ـ وهى تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية فى المخلفات السائلة عالياً ... [illegible] من هذه التهوية هو ازالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائى [illegible] ن قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة فى شبكات [illegible] ف مدة طويلة وكذلك اكساب المخلفات السائلة بعض الأكسوجين [illegible] ـ مما يساعد على زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك .

ومدة المكث فى هذه الأحواض حوالى ثلاثين دقيقة على أنه يجب ألا يقل عن عشرين دقيقة وهناك طريقتان للتهوية :

١ ـ استعمال الهواء المضغوط الذى يخرج على شكل فقاقيع من فتحات فى شبكة مواسير فى قاع الحوض .

٢ ـ استعمال قلابات ميكانيكية تحدث اضطرابا فى سطح الماء مما يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

احواض حجز الزيوت Grease removal tanks

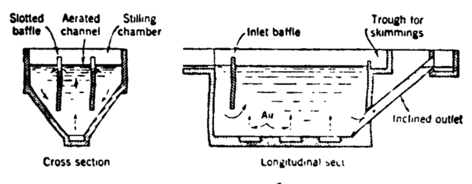
يفضل فى حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية فى المخلفات السائلة أن تفصل هذه المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائى إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب إذ تطفو

على سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت فى الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التى تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحماة أو الترشيح .

وتتم إزالة الزيوت فى أحواض خاصة مدة المكث فيها تتراوح بين خمسة وخمسة عشر دقيقة - وفى قاع هذه الأحواض توجد شبكة مواسير مثقبة يخرج منها هواء مضغوط مما يساعد على تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها وطفوها على سطح الماء فى الحوض . وكمية الهواء المطلوب فى هذه الحالة حوالى نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

كما أن إضافة الكلور إلى المخلفات السائلة بمعدل ٢ جزء فى المليون تزيد من كفاءة عملية إزالة الزيوت - ويمكن اضافة الكلور على هيئة غاز مع الهواء المضغوط أو على هيئة محلول يضاف إلى المخلفات السائلة فى مدخل الحوض .

ويزود مخرج الحوض بحائط لمنع خروج الزيوت الطافية مع بقية المخلفات السائلة على أن تكشط هذه الزيوت كلما تجمعت ويتم التخلص منها إما بدفنها فى خنادق فى الأرض أو حرقها مع المواد التى حجزتها المصافى . كما يمكن جعل مخرج الحوض على منسوب منخفض لمنع خروج الزيوت مع بقية المخلفات السائلة (شكل (١٨ - ٢٢) .



شكل ١٨ - ٢٢

الترسيب الكيماوى

Chemical Precipitation

وتشبه عملية الترسيب الكيماوى للمخلفات السائلة عملية الترسيب الكيماوى للمياه فى إمداد المدن بالمياه فهى تشمل إضافة المروبات إلى المخلفات السائلة فى جرعات مناسبة تحدد معمليا وتتراوح بين ٥٠ ، ٢٥٠ جزء فى المليون حسب نوع المادة المروبة ودرجة تركيز المواد العالقة . ويتبع فى إضافة المروب إلى المخلفات السائلة . الخطوات الآتية :

١ — المزج السريع : لمدة دقيقة فى أحواض خاصة .

٢ — المزج البطىء : لمدة تتراوح من عشرين إلى ثلاثين دقيقة .

٣ — الترويق : لمدة تتراوح من ساعة ونصف إلى ساعتين .

ولمزيد من التفاصيل عن هذه الخطوات يرجع إلى معالجة مياه الشرب بالترسيب الكيماوى .

كفاءة عملية الترسيب الكيمائى للمخلفات السائلة هى :

ترسب المواد العالقة : ٨٠ — ٩٠ ٪ .

ترسيب المواد العالقة العضوية
أى خفض الأكسوجين الحيوى الممتص } ٥٥ — ٦٥ ٪

إلا أن هذه الطريقة لا تتبع حالياً فى معظم عمليات المعالجة للأسباب الآتيـة :—

١ — ارتفاع تكاليف المواد المروبة .

٢ — زيادة حجم الرواسب المتجمعة فى قاع حوض الترويق زيادة كبيرة تزيد من متاعب التخلص منها .

٣ — تحتوى الرواسب على نسبة عالية من الماء مما يزيد من صعوبة التجفيف .

٤ — إمكان الحصول على نتائج أفضل باتباع المعالجة النهائية مثل المرشحات وأحواض تنشيط الحمأة .

ويضاف الكلور أحيانا إلى المخلفات السائلة بعد معالجتها بهذه الطريقة قبل التخلص النهائى منها — وجرعات الكلور فى هذه الحالة قد تصل إلى عشرين جزء فى المليون مما يؤدى إلى زيادة فى خفض الأكسوجين الحيوى لتصل قيمة الخفض فى مجموعها إلى ٨٠ ٪ من القيمة الأصلية للأكسوجين الحيوى .

احواض التحليل Septic Tanks

يطلق لفظ تحليل المخلفات السائلة على تحللها بفعل البكتريا اللاهوائية والذى ينتج عنه تحول نسبة كبيرة من المواد العضوية الصلبة إلى مواد سائلة وغازات مما ينتج عنه نقص فى كمية الرواسب .

والغازات الناتجة عن هذا التحلل تحتوى على :

غاز الميثين بنسبة	٦٠ — ٧٥٪
ثانى أكسيد الكربون بنسبة	٢٠ — ٣٠٪
أزوت بنسبة	٢ — ٨ ٪

وآثار بسيطة من غاز الهيدروجين .

وتقوم أحواض التحليل بمهمتين :

١ — ترسيب المواد العالقة .

٢ — تخزين المواد الراسبة مدة كافية ليتم فيها التحلل اللاهوائى .

وتنقسم أحواض التحليل إلى نوعين :

١ — أحواض تحليل ذات طابق واحد (Single storey tank) .

٢ — أحواض تحليل ذات طابقين (Double storey tank) .

واهم مزايا استعمال احواض التحليل هي :—

١ — نقص فى وزن المواد الصلبة العضوية الموجودة فى الحمأة المتجمعة نتيجة تحلل جزء منها إلى غازات وسوائل ، حوالى ٢٥ — ٣٠ ٪ .

٢ — نقص فى حجم الحمأة المتجمعة يصل إلى ٧٥ ٪ من الحجم الأصلى وهذا النقص الكبير نتيجة نقص الوزن وكذلك نتيجة تركيز المواد الصلبة أو بمعنى آخر نقص فى كمية الماء التى تحويها الحمأة إذ أن الحمأة تحتوى عادة على حوالى ٩٥ ٪ ماء قبل التحلل . أما بعد التحلل فتحتوى على ٩٠ ٪ ماء مما يؤدى إلى خفض حجمها إلى نصف الحجم الأصلى .

٣ — الرواسب الكاملة التحلل لا ينبعث منها روائح كريهة إذ أن رائحتها تشبه رائحة الأرض الزراعية المسمدة حديثاً .

٤ — الرواسب الكاملة التحلل يسهل تجفيفها عن الرواسب التى لم تتحلل بعد .

احواض لتحليل ذات طابق واحد

وهى تشبه فى منظرها العام أحواض الترسيب العادية ذات قاع مستوى أو مجموعة من الأهرام المقلوبة وتتراوح مدة المكث للمخلفات السائلة فيها بين اثنى عشر ساعة وأربعة وعشرون ساعة .

كما أن تنظيفها لا يتم على فترات متقاربة بل كل سنة أو ثمانية أشهر مما يعطى البكتيريا اللاهوائية الوقت اللازم بالقيام بمهمة تحليل المواد العضوية وتحويل جزء منها إلى سائل وغازات ، مما يوجب انشائها بالحجم اللازم

لتستوعب تخزين الرواسب مثل هذا الوقت الطويل - وتزود أحواض التحليل ذات الطابق الواحد بمداخل ومخارج تضمن انتظام سير المخلفات السائلة فى الحوض دون قلقلة الرواسب المخزونة فى القاع وكذلك دون خروج أى من الخبث المتجمع على السطح - ويتم هذا بواسطة حائط حائل فى كل من المدخل والمخرج مع توزيع دخول الماء على عرض الحوض بالكامل - وكذلك خروج الماء على هدار بكامل عرض الحوض .

وتبقى الرواسب فى الحوض مدة تصل إلى ستة أو ثمانية أشهر وتفضل أن تزال دون إيقاف تشغيل الحوض عن طريق فتحات فى أماكن منخفضة فى قاع الحوض متصلة بمواسير تحمل الرواسب إلى مكان تجميعها تمهيداً للتخلص منها ويصل الحجم اللازم لتخزين الرواسب فى الحوض إلى حوالى ٢٥ ٪ من الحجم الكلى الحوض .

إلا أنه نظراً لبقاء المخلفات السائلة على اتصال كامل بالرواسب المتجمعة فى قاع الحوض والدائمة الاضطراب نتيجة لتصاعد الغازات منها فان بعض المواد الدقيقة السابق ترسيبها تثور ثانياً وتتصاعد مع الغازات لتخرج من الحوض مع الماء مما يقلل من كفاءة الترسيب وكذلك يكسب الماء الخارج من الحوض لونا ورائحة كريهة .

ولا تستعمل أحواض التحليل ذات الطابق الواحد بكثرة حالياً فى عمليات معالجة المخلفات السائلة للمدن وذلك للأسباب الآتية :

١ - سوء حالة الماء الخارج منها فى بعض الأوقات نتيجة إثارة المواد العالقة الدقيقة السابق ترسيبها بسبب تصاعد الغازات من الرواسب المتحللة .

٢ - تصاعد الروائح من الخبث المتجمع على سطح الحوض .

٣ - توالد الذباب فى الخبث المتجمع على سطح الحوض .

٤ - الحصول على نتائج أحسن باستعمال أحواض التحليل ذات الطابقين .

٥ — عدم امكان تجميع الغازات المتصاعدة والناتجة من التحليل والذى ثبت إمكان استعمالها كوقود بينما يمكن تجميع هذه الغازات من أحواض التحليل ذات الطابقين .

لكل هذه الأسباب اقتصر فى الوقت الحاضر ، استعمال أحواض التحليل ذات الطابق الواحد على معالجة المخلفات السائلة من الأماكن المنعزلة التى لا يوجد بها شبكات صرف صحى عمومية وفى هذه الحالة يجب تغطية الأحواض

احواض تحليل ذات طابقين

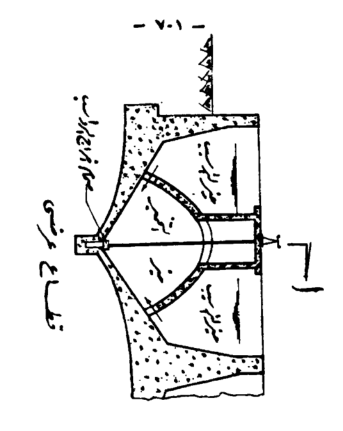
لقد أدت العيوب السابق ذكرها لأحواض التحليل ذات الطابق الواحد إلى إنشاء حواض تحليل ذات طابقين — الطبقة العليا منه تعمل كحوض ترسيب عادى ترسب إلى قاعها المواد العالقه — وعن طريق فتحات فى القاع تنزلق الرواسب إلى الطبقة السفلى حيث تبقى المدة اللازمة لاستكمال عملية التحايل .

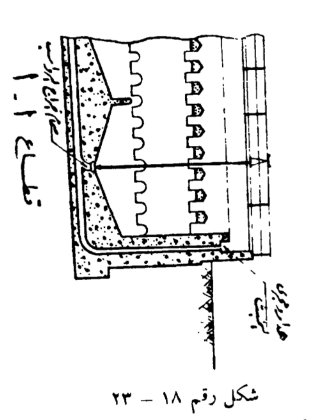
وهناك نوعان من هذه الأحواض :

١ — أحواض ترافس (Travis Tanks) :

وأول من أنشأ هذه الأحواض هو دكتور وليم ترافس وذلك فى مدينة هامبتون بانجلترا (Hampton England) ولذلك تسمى أحياناً بأحواض هامبتون — وتسمى أحياناً هيدروليتيك (Hydraulitic Tanks) .

والحوض كما فى (شكل ١٨—٢٣) ينقسم إلى ثلاثة غرف بطول الحوض بواسطة حوائط طولية بحيث يكون قاع كل قسم على شكل حرف V على أن تتصل كل من الغرفتين العلويتين بالغرفة السفلى عن طريق فتحات فى قاع الغرف العليا — ومن هذه الفتحات تنفذ الرواسب من الغرف العليا إلى الغرف السفلى .





شكل رقم ١٨ - ٢٣

وتصمم مداخل هذا الحوض بحيث تستقبل الغرف العليا من أربع أخماس إلى خمسة أسداس التصرف الكلى بينما تستقبل الغرفة السفلى من سدس إلى خمس التصرف الكلى بالاضافة إلى ما تستقبله من رواسب سبق ترسيبها فى الغرف العلوية — ولقد كان أساس هذا التوزيع ما أعتقده دكتور ترافس من ضرورة تغذية الرواسب المخزونة فى الغرفة السفلى بكميات من البكتيريا الموجودة فى المخلفات السائلة إلا أن هذا الغرض ثبت فيما بعد عدم صحته .

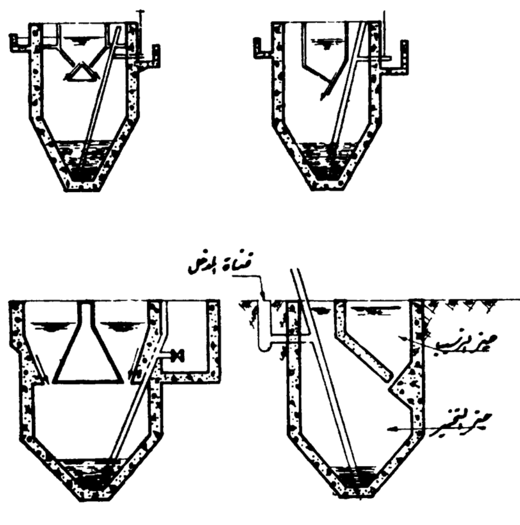
وتصمم مخارج كل من الغرف العليا والسفلى بحيث تبقى المخلفات السائلة فى الغرف العليا مدة حوالى ساعتين وفى الغرفة السفلى مدة حوالى ثمانية ساعات وتخرج الماء من الغرف العليا ليتخلص منها مباشرة دون علاج آخر — أما الماء الخارج من الغرفة السفلى فيمر فى غرفة رابعة فى نهاية الحوض لتبقى فيها مدة تتراوح ما بين ثلاثة وخمسة ساعات لمزيد من الترسيب .

أما الرواسب المتجمعة فى قاع الغرفة السفلى فيسحب جزء منها مرة كل فترة لا تقل عن أسبوع .

وأحواض ترافس لم تلق انتشاراً فى الاستعمال كما أن الرواسب المجمعة فيها لم تكن فى وقت من الأوقات كاملة التحلل ومن الأماكن القليلة التى استعملت هذه الأحواض مدينة القاهرة فى أعمال معالجة المخلفات السائلة فى الجبل الأصفر .

٢ — أحواض أمهوف (Imhoff tank.) :

وهو كما ذكر حوض تحليل ذو طابقين تستعمل الغرفة العليا للترسيب والغرفة السفلى تستقبل الرواسب من الغرفة العليا لتحتفظ فيها مدة كافية لتحللها تصل إلى شهرين أو أربعة أشهر (شكل ١٨ — ٢٤) وأول من انشاء هذه الأحواض هو دكتور كارل امهوف (Dr. Karl Imhoff) فى مدينة



شكل رقم ١٨ — ٢٤

أمشير بألمانيا (Emsher) ولذلك تسمى أحيانا أحواض أمشير والشكل رقم (١٨ — ٢٤) يبين قطاعات مختلفة فى أحواض أمهوف .

والحوض ينقسم إلى طابقين بطول الحوض والطابق العلوى يتكون أما من غرفة واحدة أو من غرفتين إلا أنه يجب أن يكون قاع الطابق العلوى على شكل حرف V لمنع تراكم الرواسب على جانبى القاع — وفى أسفل قاع الغرفة العليا يوجد عدد من الفتحات تنفذ منها الرواسب إلى الغرفة السفلى (شكل ١٨ — ٢٥) .

SEDIMENTATION CHAMBERS
CHANNEL FOR REVERSING FLOW
GAS VENT
SLUDGE DIGESTION CHAMBER
SLUDGE-PIPE.
SCUM WALL
TO SLUDGE BED
INLET OR OUTLET WEIR
INLET OR OUTLET CHANNEL

شكل رقم ١٨ — ٢٥

وتصمم الغرف العليا فى حوض أمهوف بحيث تكون مدة المكث فيها ساعتين . بحيث ينظم دخول الماء وخروجه إلى ومن جانبى الحوض أما الغرفة السفلى فتصمم بحيث تستوعب الرواسب المتجمعة لمدة تتراوح من شهرين إلى أربعة أشهر — وتتوقف هذه المدة على درجة الحرارة وتعتبر درجة حرارة ٢٥° — ٣٧° مئوية أنسب درجة لتحلل المواد العضوية فى الرواسب .

وتوصى بعض المواصفات على الآتى بالنسبة لأسس تصميم أحواض أمهوف :

١ — مدة بقاء الماء فى الغرف العليا : ساعتين ونصف .

٢ — معدل التحميل السطحى للغرفة العليا ٢٠ — ٣٠ متر٣/متر٢/يوم

٣ — حجم الغرفة السفلى = ٥٠ ——> ٩٠ لتر للشخص .

٤ — ميل جوانب قاع الغرفة العليا = ٤٥° ——> ٦٠° مع الأفقى .

أى أن الميل مع الأفقى يتراوح من ١ : ١ إلى ١ : ١٫٧ .

٥ — العمق الكلى للحوض لا يقل عن ٥ متر .

٦ — $\frac{\text{مساحة فتحات سحب الغاز}}{\text{المساحة الكلية للمسقط الأفقى للحوض}}$ = ١٥٪ ——> ٢٥٪

٧ — قطر الفتحات ما بين الغرفة العليا والسفلى = ٠٫١٥ — ٠٫٢٥ متر

٨ — ميل جوانب قاع الغرفة السفلى : ٣٠° ——> ٤٥° مع الأفقى .

٩ — مسافة التطابق (over lap) أمام الفتحات لمنع تسرب الغازات المتصاعدة إلى الغرفة العليا : ٠٫١٥ ——> ٠٫٢٠ متر .

١٠ — عرض الغرفة العليا للترسيب لا يزيد عن عشرة أمتار .

١١ — نسبة الطول إلى العرض = ٣ : ١ ——> ٥ : ١ .

١٢- المسافة الراسية من أعلى منسوب للرواسب فى الغرفة السفلى ومنسوب الفتحات بين الغرفتين وتسمى (neutral zone) : ٥٠ سنتيمتر .

وتبلغ كفاءة أحواض أمهوف :

إزالة المواد العالقة	٤٥ - ٦٠٪
خفض الأكسوجين الحيوى الممتص	٢٥ - ٤٥٪

مثال : المطلوب تصميم أحواض امهوف اللازمة لمعالجة ٧٦٠٠٠ متر مكعب من المخلفات السائلة يومياً وذلك باستعمال أسس التصميم السابقة .

الحـل :-

(أ) تصميم حجرات الترسيب :

$$\text{حجم الحوض (الغرفة العليا)} = \frac{٢,٥ \times ٧٦٠٠٠}{٢٤} = ٧٩١٠ \text{ متر}^٣$$

$$\text{المساحة السطحية للحوض} = \frac{٧٦٠٠٠}{٢٥} = ٣٠٣٠ \text{ متر}^٢$$

ويفضل أن تزيد عن ذلك ولتكن ٣١٥٠ متر

$$\therefore \text{العمق المتوسط للغرفة العليا} = \frac{٧٩١٠}{٣١٥٠} = ٢,٥٠ \text{ متر}$$

وباختيار عدد الأحواض = ١٠

∴ المساحة السطحية لكل حوض = ٣١٥ متر٢

وباختيار عرض الحوض = ٩ متر يكون الطول ٣٥ متر وبذلك تتفق النسبة بين الطول والعرض مع أسس التصميم . على أنه يمكن تقسيم حيز الترسيب إلى غرفتين عرض كل منهما ٤,٥ متر أو جعلها غرفة واحدة .

وباعتبار مساحة فتحات سحب الغاز تساوى ٢٠٪ من المساحة الكلية للحوض .

∴ المساحة الكلية لفتحات سحب الغاز = ٣١٥ × ٠,٢٠ = ٧٣ متر ٢

ولما كان طول فتحات سحب الغاز يساوى طول الحوض

∴ عرض فتحة سحب الغاز = ٧٣ ÷ ٣٥ = ٢,٠ متر (تقريباً)

∴ العرض الكلى للحوض :

٩.—	عرض حجرة أو حجرات الترسيب
٢.—	عرض فتحة أو فتحات سحب الغاز
٠.٧٠	عرض الحوائط بين حجرات الترسيب وحجرات سحب الغاز
١١.٧	متر

ولما كان التصرف للحوض الواحد = ٧٦٠٠ متر٣/يوم

= ٥,٣٤ متر٣/ثانية

∴ السرعة الأفقية فى حجرة الترسيب = $\frac{٥,٣٤}{٩,٠ \times ٢,٥}$

= ٠.٢٤ متر/الدقيقة

وهو فى حدود المسموح إذ يقل عن ٣٠ سم /الدقيقة.

وباختيار جوانب غرفة الترسيب بحيث تميل مع الأفقى بنسبة ١ : ١.٤

فان ارتفاع الجزء المائل من جوانب غرفة الترسيب

= ٢.٢٥ × ١.٤ = ٣.١٥ متر

وبذلك يكون ارتفاع الجزء الرأسى :٩٣. ٠متر يضاف إلى ذلك ٤٧, ٠متر (free board) فيكون الارتفاع الكلى للجزء الرأسى من حجرة الترسيب = ١.٤٠ متر.

(ب) تصميم حجرات التخمير :

التصرف الكلى ٧٦٠٠٠ متر٣/يوم

فاذا اعتبرنا أن معدل التصرف للشخص الواحد فى اليوم يساوى ٣٠٠ لتر يكون عدد السكان الذين تخدمهم الأحواض = ٢٥٠٠٠٠ نسمة أى أن كل حوض يخدم ٢٥٠٠٠ نسمة .

∴ حجم حجرة التخمير = ٢٥٠٠٠ × ٥٠ = ١,٢٥٠,٠٠٠ لتر
= ١٢٥٠ متر مكعب

فاذا شكل القاع على شكل اهرامات مقلوبة فأنه يستوعب ثلاثة أهرامات :

ابعاد قاعدتها العليا = عرض الحوض × طول الحوض / ٣
= ١١.٧ × ١١,٧٠ متر

وابعاد قاعدتها السفلى = ١ — ١ متر

وارتفاعها ٣.٢٥ متر (الزاوية مع الأفقى ٣٠ — ٤٥°)

∴ حجم الأهرامات الثلاثة =

٣ × [٣,٢٥ / ٣ (٢١١,٧ + ٢١ + ١١,٧ × ١)]

= ٣.٢٥ × ١٤٨.٥ = ٥٠٠ متر مكعب

ولما كان الحجم الكلى لحجرة التخمير = ١٢٥٠ متر مكعب

∴ حجم حيز التخمير فوق الأهرامات المقلوبة = ١٢٥٠ - ٥٠٠
= ٧٥٠ متر٣

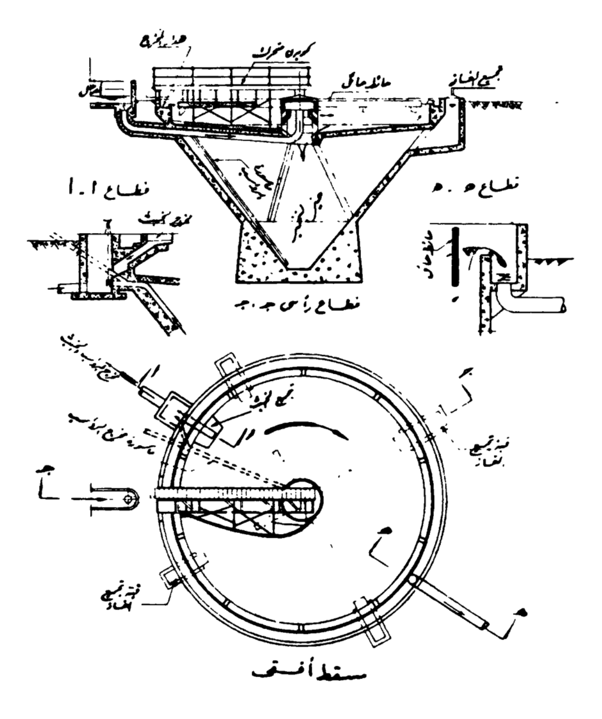
∴ ارتفاع حيز التخمير فوق الأهرامات المقلوبة = ١,٨٧٥ متر

= ٧٥٠ / (١١,٧ × ٣٥) = ١,٨٧٥ متر

وبذلك يكون العمق الكلى للحوض :

ارتفاع الجزء الرأسى لحجرة الترسيب	=	١.٤٠
ارتفاع الجزء المائل لحجرة الترسيب	=	٣,١٥
المسافة بين أعلى منسوب الرواسب والفتحات		
بين غرفة الترسيب والتخمير (neutral zone)	=	٠,٥٠
ارتفاع حيز التخمير فوق الأهرامات المقلوبة	=	١.٨٧٥
ارتفاع الأهرامات المقلوبة	=	٣,٢٥
		١٠,١٧٥ متر

ويبين الشكل ١٨ - ٢٦ قطاع رأس ومسقط أفقى لأحواض امهوف التى يستعمل فيها التنظيف الميكانيكى . ويتم التنظيف فيه بالزحافات القطرية أسوة بأحواض الترسيب الدائرية - ثم تنزلق الحمأة إلى حيز التخمير من فتحة فى محور الحوض حيث تبقى الفترة المقررة للتخمير .



شكل رقم ١٨ — ٢٦

الباب التاسع عشر

اعمال المعالجة النهائية بالمرشحات

Final Treatment Work by Trickling filters

مقـــدمة ..

والغرض من أعمال المعالجة النهائية وتسمى أحياناً : المعالجة الثانوية Secondary Treatment أو المعالجةالبيولوجية Biological Treatment هو تحويل المواد العضوية الدقيقة العالقة والتى لم ترسب فى أحواض الترسيب الابتدائى وكذلك بعض المواد العضوية الذائبة إلى مواد ثابتة صعبة التحلل وذلك عن طريق تنشيط البكتيريا الهوائية وغيرها من الكائنات الدقيقة التى تعتمد على الأكسوجين فى حيويتها مما تؤدى إلى تثبيت هذه المواد العضوية — ولذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظراً لاعتمادها على نشاط كائنات حية للوصول إلى الهدف منها .

وتشمل أعمال المعالجة البيولوجية فى محطات المخلفات السائلة على أحد الخطوات الآتية ·

١ — حقول أو أحواض البكتيريا Contact Beds .

٢ — المرشحات العادية Standard Trickling Filters

٣ — المرشحات ذات المعدل العالى أو السريعة .

High Rate Trickling filters.

٤ — الحمأة المنشطة Activated Sludge Treatment

على أن المخلفات السائلة بعد معالجتها بأحد الطرق السابقة تمر فى أحواض الترسيب النهائية لترسب فيها المواد العضوية العالقة التى تم تثبيتها .

٥ — مرشحات الرمل Intermittent Sand filter

٦ — بحيرات الأكسدة Oxidation or Stabilization ponds

احواض البكتريا

Contact Beds

وحقول البكتيريا هى أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة أو الطوب الصلب — على أن يوجد فى قاع الحوض تحت طبقة الزلط شبكة من المواسير المفتوحة الوصلات أو المثقبة — والغرض من هذه الشبكة تفريغ الحوض مما فيه من مخلفات سائله على فترات — كما يوجد فوق طبقة الزلط شبكة من القنوات الخشبية أو الحديدية لتوزيع المخلفات السائلة فى أنحاء الحوض .

تشغيل حقول البكتريا

تشتغل حقول البكتيريا على دورات متقطعة . فيملأ الحوض بالمخلفات السائلة ببطىء وعندما يمتلىء تترك المخلفات فى الحوض مدة معينة ثم تفرغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخرى وهكذا تتكرر الدورة على النمط التالى :

(ا) مدة الملأ : ساعة .

(ب) الحوض ممتلىء : من ساعة إلى ساعتين .

(ح) مدة التفريغ : ساعة .

(د) الحوض فارغ : من ثلاثة ساعات إلى أربعة ساعات .

أى أن دورة التشغيل تستغرق من ستة ساعات إلى ثمان ساعات .

نظرية التشغيل

١ — عندما يكون الحوض ممتلئاً ترسب على جدران الزلط أو كسر الحجارة المواد العضوية الدقيقة العالقة فى المياه :

٢ — عندما يكون الحوض فارغاً يتخلل الهواء مسام الزلط وتنشط البكتيريا الموجودة فى المواد العضوية فتعمل على تثبيت هذه المواد وهكذا تستمر العملية بتكرار تفريغ وملء الحوض .

٣ — تستمر العملية على هذا المنوال إلا أنه بعد مرور بضع دورات يخرج الماء من الحوض محتوياً بعض المواد العالقة العضوية الأصل والتى فقدت قدرة التصاقها بالزلط بعد أن تحولت إلى مواد غير عضوية ثابتة وبذلك قل ضررها أو كاد ينعدم .

وهكذا يظهر أن أهم فترة فى دورة التشغيل هى تلك الفترة التى يقضيها حقل البكتيريا فارغاً إذ تنشط البكتيريا فى امتصاص الأكسوجين من الهواء المتخلل مسام الزلط لأكسدة المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة عديمة الضرر تخرج على فترات متقطعة مع المياه الخارجة من الحوض .

ويستحسن إعطاء حوض البكتيريا راحة يوما واحدا أسبوعياً .

مواصفات وتصميم حقل البكتريا

العمق : ٧٥ — ١٥٠ سنتيمتر .

حجم الزلط : منتظم قدر الإمكان : ٥ سم — ١٠ سم .

كمية الزلط : تتراوح كمية الزلط من ٢.٥ متر مكعب إلى ـ,٥ متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

حجم الحوض : تقسم كمية الزلط المطلوبة على عدد من الأحواض بحيث تتراوح مساحة كل حوض من ½ ——> ¾ فدان وعلى ألا يقل عدد الأحواض عن ثلاثة وحسن أربعة .

كفاءة احواض البكتريا

تتركز الفائدة من أحواض البكتيريا فى خفض قابلية المخلفات السائلة للتحلل وتصل الكفاءة فى هذا الصدد إلى ٦٠ ——> ٨٠٪ كما تصل كفاءة

ازالة البكتيريا إلى ٧٠ ٪

الا أنه نظراً للتشغيل المتقطع لهذه الأحواض فقد بطل استعمالها — ويستعمل بدلا عنها المرشحات الزلط العادية أو السريعة .

المرشحات العادية

Standard Rate Trickling Filters

تتكون هذه المرشحات عن أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة أو الطوب الصلب — على أن يوجد في قاع الحوض تحت طبقة الزلط شبكة من المواسير المفتوحة الوصلات . وذلك لصرف المياه باستمرار . كما يوجد فوق طبقة الزلط مجموعة من الرشاشات لرش المخلفات السائلة على سطح الزلط لتتخلل طبقة الزلط ومنها إلى شبكة الصرف فى قاع الحوض .

تشغيل المرشحات

مرشحات الزلط وإن كانت تشابه فى الشكل العام أحواض البكتيريا إلا أنها تختلف عنها فى طريقة التشغيل ، ففى المرشحات ترش المخلفات السائلة على سطح المرشح باستمرار وكذلك تصرف من المرشح خلال شبكة الصرف باستمرار بحيث لا تمتلىء مسام الزلط أبداً ، أى أن المسام تكون ممتلئة بالهواء بينما تتخلل المياه المسام منسابة ببطىء على سطح الزلط — مما يتيح الفرصة للمواد العضوية الموجودة فيها أن تلتصق على سطح الزلط مكونة غشاء رقيق من مواد هلامية تحوى الملايين من الكائنات الحية الدقيقة والبكتيريا — هذا الغشاء الدقيق بما فيه من كائنات حية هو العامل الفعال فى معالجة المخلفات السائلة وتثبيت ما فيها من مواد قابلة للتحلل . إذ تقوم البكتيريا

الموجودة فى هذا الغشاء بامتصاص الأكسوجين من الهواء الموجود فى المسام لتؤكسد المواد العضوية محولة إياها إلى مواد غير عضوية ثابتة غير قابلة للتحلل . كما يساعد رش الماء على شكل قطرات صغيرة على أن تمتص الماء بعض الأكسوجين من الجو أثناء هبوطها على سطح المرشح مما يساعد فى عملية الأكسدة هذه .

وتستمر عملية التصاق المواد العضوية على سطح الزلط مع نشاط البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة فى أكسدة هذه المواد إلى أن تفقد المواد قدرتها على الالتصاق بسطح الزلط فتنقشر الطبقة الهلامية عن سطح الزلط لتخرج مع الماء من المرشح – هذه الظاهرة هى أحد خصائص المرشحات وهى ما تسمى (unloading) وهى عملية مستمرة طالما يعمل المرشح دون توقف إلا أنها تبدو واضحة عادة فى الربيع حيث يبتدأ ارتفاع درجة الحرارة للجو مما يساعد على نشاط البكتيريا فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية – وكذلك فى الخريف وكذلك عند توقف تشغيل المرشح لعدة أيام .

وهذه الظاهرة تساعد على عدم انسداد المرشح .

طرق الرش على سطح الزلط :

توزع المخلفات السائلة على سطح المرشح بأحد الطرق الآتية :

١ – النافورات الثابتة Fixed Spraying Nozzles

٢ – الموزعات اللفافه أو الدوارة Rotary distributers

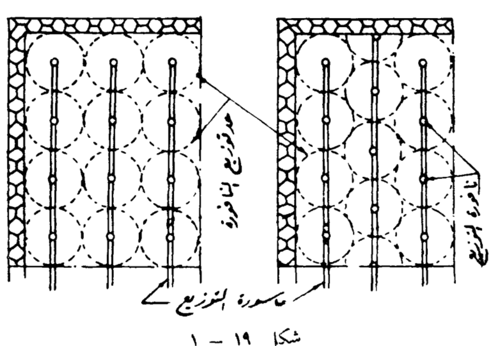
٣ – الموزعات السيارة Travelling distributers

النافورات الثابتة

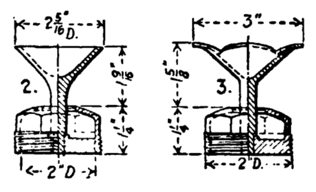
يتم توزيع المياه على المرشح فى هذه الحالة عن طريق مجموعة من المواسير المتوازية قطر ٣ - ٤ بوصة توضع على سطح طبقة الزلط بحيث تكون المسافة

بين كل منهما متر ونصف وهذه المواسير تتصل جميعها بماسورة رئيسية مغذية وبالراسم العلوي لكل ماسورة عدد من الثقوب قطر بوصة أو بوصة وربع والمسافة بين كل منها متر ونصف كذلك على أن يركب فى كل ثقب نافورة رشاشة (شكل ١٩ — ١) لتخرج منها الماء لتعطى مساحة حول الثقب على شكل دائرة . والشكل رقم (١٩ — ٢) يبين قطاع فى النافورة الرشاشة .

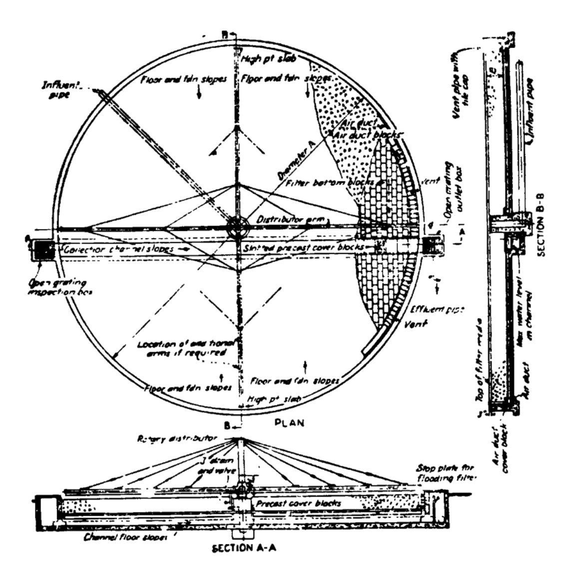
وتتبع هذه الطريقة فى المرشحات المستطيلة أو المربعة المسقط الأفقى .



شكل ١٩ — ١



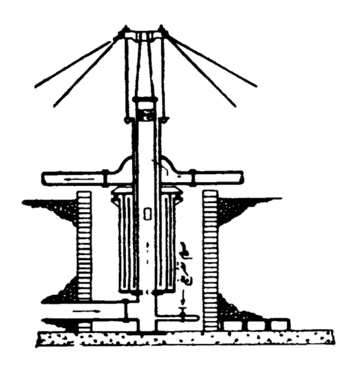
شكل رقم ١٩ — ٢



شكل ١٩ — ٣

الموزعات اللفافة

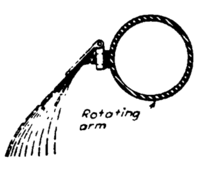
وهى تستعمل فى المرشحات الدائرية (شكل ١٩ — ٣) وفى هذه الحالة يتم توزيع المخلفات السائلة على سطح المرشح عن طريق ماسورة مغذية تمتد حتى مركز المرشح لتنتهى بوصلة ترتكز على كرات معدنية (ball bearing) ليسهل دورانها (شكل ١٩ — ٤) ومركب به ماسورتان أو أربعة أفقية تمتد



شكل رقم ١٩ – ٤

فى اتجاه قطرى حتى محيط المرشح ويتراوح قطر هذه المواسير من بوصتين للمرشحات الصغيرة إلى ستة بوصات للمرشحات الكبيرة البالغ قطرها خمسين متراً – على أن تتراوح السرعة فى هذه المواسير من ٧٥ إلى ١٢٥ سم/الثانية .

وعلى جانب واحد من المواسير الأفقية ثقوب لخروج الماء منها بقوة مما يؤدى إلى دفع المواسير الأفقية إلى الدوران بفعل قوة الطرد العكسية . وينتج عنه رش المياه على سطح المرشح – كما يركب أمام الثقوب التى على المواسير الأفقية أقراص تصطدم بها المياه عند خروجها من الثقوب مما يؤدى إلى انتشار الماء على شكل أدشاش من قطرات صغيرة ليعم سطح المرشح بالكامل (شكل ١٩ – ٥) .



شكل ١٩ — ٥

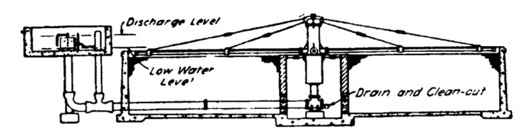
كما يجب أن تكون الثقوب على المواسير الأفقية متقاربة عند أطراف المواسير وتتباعد كلما اقتربنا من مركز المرشح وذلك لأن المساحة التى تستقبل الماء من كل ثقب تقل كلما اقتربنا من مركز المرشح .

كما يركب أحيانا محرك كهربائى لادارة الأذرع الدفافة لضمان انتظام الإدارة ورفعاً لكفاءة التشغيل .

أحواض الدفق : (Dozing tanks)

على أنه يجب استعمال أحواض دفق توضع ما بين حوض الترسيب والمرشحات والغرض من أحواض الدفق هذه تجميع المياه الخارجة من حوض الترسيب لتخرج دفعة واحدة فى الماسورة المغذية للمرشح — وتتكرر هذه العملية مرة كل ٥ ——> ١٠ دقائق — وبذلك يكون وصول المياه إلى المرشح بضغط كافى لادارة الأذرع الأفقية بفعل قوة الطرد العكسية ؛ إذ أن سريان الماء من حوض الترسيب إلى المرشح رأساً لا يعطيها القوة والدفع اللازم لتشغيل وإدارة الأذرع الأفقية الدوارة تشغيلا منتظماً بكفاءة عالية . (شكل ١٩ — ٦) .

ويتراوح الفاقد فى عامود الضغط داخل حوض الدفق وفى المواسير منه حتى المرشح من ٨٠ إلى ١٢٠ س م (أنظر المثال المحلول فيما بعد) .



شكل رقم ١٩ — ٦

إلا أنه لما كان من الضرورى خروج المياه من فتحات أذرع التوزيع بدفع كافى لادارة الأذرع ورش المياه بانتظام على السطح بأكمله فإنه يجب أن يكون الفرق بين منسوب المياه فى حوض الدفق ومحور أذرع التوزيع حوالى ١.٥٠ — ٢.٥٠ متر منها ٠.٨٠ ——> ١.٢ متر فاقد والباقى هو الدفع اللازم لادارة الأذرع .

الموزعات السيارة

وهذا النوع من الموزعات يستعمل فى المرشحات المستطيلة . وفيه ترش المياه على سطح الزلط بواسطة عربة تتحرك ذهابا وأياباً على قضبان مثبتة على جانبى المرشح .

هذه العربة لها سيفون يستمد الماء الوارد من أحواض الترسيب من قناة ممتدة بطول المرشح وعلى ارتفاع متر عن سطح المرشح ويخرج الماء من السيفون إلى قناة حديدية تحتها أسطوانة أفقية مضلعة الجوانب تلف بقوة سقوط المياه الفائضة من جانب القناة عليها . هذه الاسطوانة متصلة بعجلات العربة . ومن ثم تلف هذه العجلات مع الأسطوانة فتتحرك العربة على القضبان الحديدية موزعة المياه المتساقطة على سطح المرشح بالكامل .

فاذا وصلت العربة إلى نهاية المرشح يصطدم مفتاح بها بمصد مثبت بقرب نهاية الحوض فتنقلب القناة العلوية بالعربة إلى الجانب الآخر لتسقط المياه على الاسطوانة بالجانب الثانى مسببه انعكاس اتجاه الدوران ومن ثم انعكاس اتجاه سير العربة وهكذا تستمر العربة بحركتها ذهاباً وإياباً فى توزيع المياه على سطح المرشح .

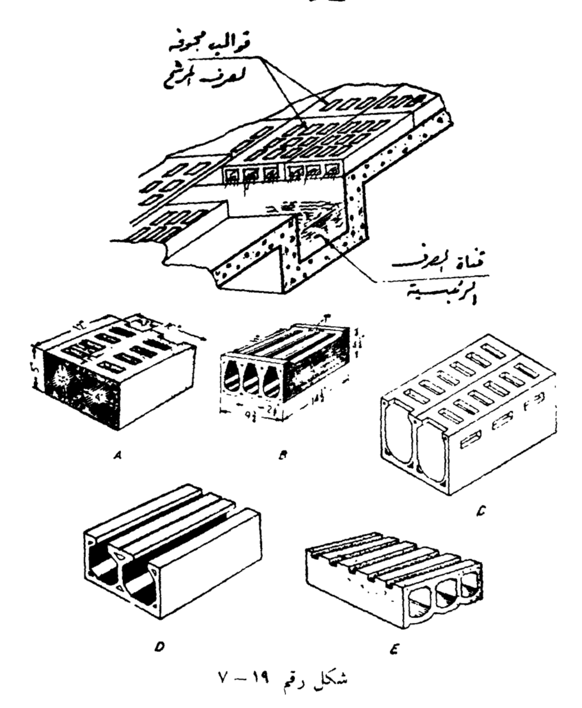
فرق المنسوب بين حوض الترسيب وسطح المرشح :

يلزم لحسن تشغيل الموزعات بأنواعها المختلفة أن يتراوح فرق منسوب الماء فى حوض الترسيب عن منسوب سطح المرشح بين متر ونصف ومترين ونصف إذ يلزم أن يكون عامود الضغط المائى فى المواسير الدوارة أو على الرشاشات الثابتة ما بين ٧٠ . ١٥٠ سنتيمتراً - وذلك لضمان حسن تشغيل الرشاشات ومن ثم ضمان لجودة كفاءة المرشح .

صرف المياه من المرشحات :

تصرف المياه التى ترش على سطح الزلط يغطى قاع المرشح بشبكة من المواسير النصف دائرية مفتوحة الوصلات أو يشكل القاع على هيئة قنوات متوازية مغطاة ببلاطات بها فتحات تسمح بدخول الماء إلى القنوات أو تغطيه القاع بألواح ترتكز على دعائم - وبهذه الألواح فتحات تسمح بمرور المياه - مكونة ما يسمى بالقاع الكاذب (False bottom) أو تغطية القاع بقوالب مجوفة متوازية سابقة التصنيع (شكل ١٩ - ٧) تشكل قنوات بكامل مساحة مساحة المرشح .

على أن تصب كل من المواسير النصف دائرية أو القنوات المتوازية أو الفراغ تحت القاع الكاذب ما يصل إليه من ماء فى قناة رئيسية أما قطرية تمر بمركز المرشح أو محيطية أى بطول محيط المرشح .



شكل رقم ١٩ — ٧

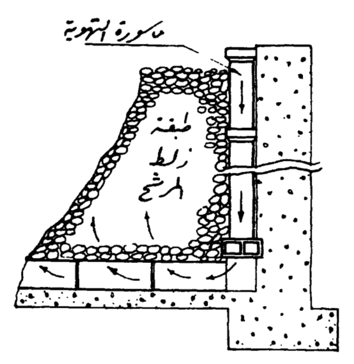
على أنه يجب مراعاة أن يكون ميول هذه القنوات أو المواسير من ١ : ١٠٠ إلى ١ : ٢٠٠ . وكذلك يجب أن تصمم قطاعات المواسير أو القنوات أو المواسير تحت القاع الكاذب أو المصرف الرئيسي بحيث تكون نصف محيط عند حافة المصرف التجميعي لها وهذا ضرورى لحسن تشغيل

المرشح إذ خلال النصف العلوى لقطاع مواسير أو قنوات الصرف يتخلل الهواء الذى يساعد بما فيه من اكسوجين على تنشيط البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى .

تهوية المرشحات :

لما كانت كفاءة المرشحات تتوقف أساساً على نشاط البكتيريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخرى . فأنه لابد من ضمان جودة التهوية فى جميع مسام المرشح . ويتم ذلك باحد الطرق الآتية :

١ — تركيب مواسير رأسية فى نهاية القنوات . تصل إلى سطح الزلط (شكل ١٩ — ٨) .



شكل رقم ١٩ — ٨

٢ — عمل فتحات فى جوانب حائط المرشح .

ونتيجة لنشاط البكتيريا والتفاعلات البيولوجية الناتجة من هذا النشاط ترتفع درجة الحرارة فى داخل إلى المرشح مما يسبب تصاعد الهواء خلال مسام

الزلط إلى أعلى - ومن ثم يحل محله الهواء خلال المواسير الرأسية أو الفتحات فى حائط المرشح مسبباً تهوية المرشح و بالتالى امداد البكتيريا بما تحتاجه من أكسوجين .

٣ - تركيب مراوح على مدخل المصرف الرئيسى تدفع الهواء فى النصف العلوى للمصرف الرئيسى ومنه إلى قنوات الصرف ومسام الزلط - وتتبع هذه الطريقة إذا زاد سمق المرشح عن مترين - وبحيث يكون معدل دخول الهواء إلى المرشح حوالى ٣٠٠ لتر /لكل متر مسطح من مساحة المرشح فى الدقيقة .

مواصفات وأسس تصميم المرشحات :

١ - المرشحات إما دائرية أو مستطيلة -- على الا يزيد قطر المرشحات الدائرية عن خمسين متر .

٢ - تبنى الحائط الخرجى للمرشح من الحجر الصاب أو الطوب بالمونة أو الخرسانة - ويفضل أحياناً أن يكون بها فتحات لزيادة التهوية .

٣ - يتراوح عمق المرشح من متر ونصف إلى ثلاثة أمتار (مترين فى المتوسط) .

٤ - تصمم شبكات الصرف بحيث تكون نصف ممتلئة .

٥ - حجم حبيبات الزلط منتظمة قدر الإمكان ويتراوح قطرها من ١.٥ بوصة إلى ٣ بوصات .

٦ - معدل رش المخلفات السائلة على سطح المرشح :-

يتوقف معدل رش المخلفات السائلة على سطح المرشح على عدة عوامل : الأكسوجين الحيوى . مخلفات السائلة . كفاءة عملية الترسيب السابقة

للمرشحات ، درجة الحرارة ، عمق المرشح . طريقة الرش على سطح المرشح وكفاءة تهوية المرشح — ومعدل الترشيح يقدر بالحمل الهيدروليكى على سطح المرشح أو بمعدل الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة لكل حجم معين من الزلط فى المرشح و هوما يسمى بمعدل التحميل العضوى .

التحميل الهيدروليكى :

١.٥ — ٤.٥ متر مكعب للمتر المسطح / اليوم

١.٥ — ٤٥ مليون جالون / للفدان / اليوم

التحميل العضوى :

٨٠ — ٢٤٠ كيلوجرام لكل ١٠٠٠ متر مكعب / يوم

٥ — ١٥ رطل لكل ١٠٠٠ قدم مكعب / يوم

٢٢٠ — ٦٦٠ رطل لكل حجم من الزلط قدره فدان قدم

كفاءة المرشحات :

تتوقف كفاءة المرشحات على معدل التحميل العضوى أى كمية الأكسوجين الحيوى لوحدة الحجوم . كما تتوقف على حوض الترسيب النهائى الذى يعقب المرشح والمعادلة الاقتراحية :

$$E = \frac{100}{1 + 0.0085\sqrt{275\,L}}$$

تعطى الكفاءة المشتركة (Combined efficiency) للمرشح وحوض الترسيب النهائى حيث :—

E = الكفاءة (نسبة مئوية)

L = معدل التحميل العضوى مقدراً بالكيلوجرام لكل ألف متر مكعب / يوم .

مزايا المرشحات العادية للمخلفات السائلة

١ — أكثر كفاءة من أحواض البكتيريا .

٢ — تمكنها معالجة من ضعف إلى خمسة أضعاف كمية المخلفات السائلة التي تعالجها حقول البكتيريا بالرغم من تساوى مساحتيهما .

٣ — تتحمل التغير في تركيب ومحتويات المخلفات السائلة دون تأثير يذكر على كفاءتها .

٤ — قلة تكاليف التشغيل .

عيوب المرشحات العادية للمخلفات السائلة :

١ — تتصاعد منها الروائح المنفرة .

٢ — مساحتها كبيرة وتكاليفها الانشائية عالية .

٣ — ينخفض منسوب سطح المرشح عن منسوب الماء في حوض الترسيب حوالي مترين في المتوسط يضاف إلى ذلك عمق المرشح وهو حوالي مترين في المتوسط وبذلك يكون الفرق بين منسوب المياه في حوض الترسيب ومخرج الماء من المرشح حوالي أربعة أو خمسة أمتار وهو ما يعتبر فاقداً كبيراً في الطاقة التي اكتسبتها المياه برفعها بالطلمبات .

٤ — يتوالد فيها الذباب وهذا يمكن الحد منه بغمر المرشح بالمخلفات السائلة حتى فترات مرة كل أسبوع مما يسبب غرق يرقات الذباب .

مثال : المطلوب تصميم مرشحات الزلط العادية لمعالجة المخلفات السائلة إذا علم :

التصرف المطلوب معالجته : ٧٦٠٠٠ متر مكعب / يوم

الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة : ٣٠٠ جزء/المليون .

ثم أوجد الأكسوجين الحيوى للمخلفات المعالجة والكفاءة الكلية لعملية التنقية .

الحل : (ا) تصميم المرشح :

الأكسوجين الحيوى للمخلفات الخام = ٣٠٠ جزء/المليون

وبفرض كفاءة حوض الترسيب الابتدائى فى تخفيض الأكسوجين الحيوى حوالى الثلث . يكون الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة عند خروجها من حوض الترسيب هو ٢٠٠ جزء فى المليون .

∴ الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الترسيب :

$$= \frac{٢٠٠ \times ٧٦٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} \times ١٠٠٠$$

= ١٥٢٠٠ كليوجرام/ليوم .

بفرض معدل تحميل هيدروليكى = ٢.٥ متر مكعب للمتر المسطح فى اليوم .

∴ مسحة المرشح = $\frac{٧٦٠٠٠}{٢.٥}$ = ٣٠٠٠٠ متر ٢

وباختيار معدل تحميل عضوى = ٢٠٠ كيلوجرام لكل ألف متر مكعب من الزلط .

∴ حجم المرشح = $\frac{١٥٢٠٠}{٢٠٠}$ = ٧٦ ألف متر مكعب

∴ عمق المرشح = $\frac{٧٦٠٠٠}{٣٠٠٠٠}$ = ٢,٥ متر

وبفرض قطر المرشح = ٤٠ متر

∴ مساحة المرشح الواحد = $\frac{٣,١٤ \times ٤٠ \times ٤٠}{٤}$

= ١٢٥٦

∴ عدد المرشحات = $\frac{٣٠٠٠٠}{١٢٥٦}$ = ٢٤ مرشح

∴ التصرف لكل مرشح = $\frac{٧٦٠٠٠}{٢٤}$ = ٣١٥٠ متر٣/يوم

= ٢٢٠٠ لتر/الدقيقة

= ٣٦.٥ لتر/الثانية

(ب) تصميم مواسير التوزيع :

وباختيار أربعة أذرع لتوزيع المياه على المرشح . وبغرض أن السرعة في هذه الأذرع من ٧٥ ــ ١٢٥ سم/الثانية

∴ تصرف كل ذراع = ٩ لتر/الثانية ومساحة مقطع كل ذراع = ١١٠ سم٢ أى أن القطر ٥ ً

(جـ) تصميم شبكة صرف المرشح :

يفضل أن تغطى أرضية المرشح بالكامل بالقنوات السابقة التصميم (شكل ١٩ ــ ٧) على أن توضع بميل ١ : ١٠٠ ــ وفى ذلك ضمان لسير المياه فيها دون أن تمتلىء حتى يتم تهوية المرشح عن طريق النصف العلوى منها.

أما المصرف الرئيسى المجمع للماء من هذه القنوات فتصمم بحيث تكون السرعة فيها حوالى ٦٠ سم/الثانية وبميل من ١ : ١٠٠ إلى ١ : ٢٠٠ ــ ولما كان التصرف لكل مرشح = ٣٦.٥ لتر فى الثانية .

∴ مساحة المقطع المائى = $\frac{٣٦٥٠٠}{٦٠}$ = ٦٠٠ سم٢

وبذلك تكون مقاسات المقطع المائى فى النهاية ٢٥ × ٢٥ سم على أن يشكل القاع بحيث يكون منسوب القاع فى أول المصرف مع منسوب

سطح الماء فى نهاية المصرف أى يرتفع ٢٥ سم عن القاع فى نهاية المصرف .

ولما كان طول المصرف الرئيسى = قطر المرشح = ٤٠ متر

$$\therefore \text{ميل قاع المصرف} = \frac{٢٥}{٤٠ \times ١٠٠} = ١ : ١٦٠$$

وهو فى الحدود المسموح بها .

على أن يكون يزاد العمق الكلى للمصرف الرئيسى عشرة سنتيمترات بطول المرشح بالكامل فيكون المقطع فى البداية ٢٥ × ١٠ سم وفى النهاية ٢٥ × ٣٥ سم – هذه العشرة سنتيمترات بالاضافة إلى ارتفاع القنوات الفرعية السابقة التصنيع مليئة بالهواء المتجدد مما يساعد على تهوية المرشح أنظر (شكل ١٩ – ٧) .

(د) مراوح التهوية :

لما كان عمق المرشح المصمم فى هذا المثال ٢,٥ متر فأنه يجب تهويته صناعياً بمراوح تعطى كمية من الهواء =

(معدل الهواء/متر ٢ /الدقيقة) × مساحة المرشح

= ٣٠٠ × ١٢٥٠

= ٣٧٥٠٠٠ لتر = ٣٧٥ متر ٣/دقيقة

(هـ) أحواض الدفق :

عدد المرشحات = ٢٤

وباعتبار أن كل حوض دفق يغذى أربعة مرشحات دفعة واحدة .

يكون عدد أحواض الدفق = ٦ .

سعة حوض الدفق =

عدد المرشحات × تصرف كل مرشح × فترة التشغيل

= ٤ × ٢٢٠٠ × ٥

= ٤٤٠٠٠ لتر = ٤٤ متر مكعب

∴ الطول = العرض = ٤ متر

∴ العمق = ٢.٧٥ متر

(و) ماسورة التغذية من حوض الدفق للمرشح :

السرعة فى الماسورة ٩٠ سم/الثانية .

التصرف إلى المرشح ٣٦ لتر/الثانية .

∴ القطر = ٢٢.٥ سم = ٩ بوصة

(ز) الفاقد فى عامود الضغط :

من حوض الدفق حتى خروج المياه من مواسير التوزيع اللفافة وهو يتكون من عدة بنود :

H_1 = الفاقد فى سيفون حوض الدفق = $\frac{V^2}{2g}$

حيث V = السرعة فى داخل السيفون وتساوى السرعة داخل ماسورة التغذية = ٩٠ سم/الثانية .

∴ H_1 = $\frac{V^2}{2g}$ = $\frac{٩٠ \times ٩٠}{٢ \times ٩٨٠}$ = ٤ سم

H_2 = الفاقد فى اكساب المياه سرعتها فى مواسير التغذية وهو أيضاً يساوى $\frac{V^2}{2g}$ = ٤ سم

H_3 = الانخفاض فى منسوب المياه فى حوض الدفق نتيجة ملأ مواسير التوزيع الدوارة (إذ أنها تفرغ من الماء بعد كل دورة تشغيل لحوض الدفق) ويساوى حجم مواسير التوزيع مقسوماً على المساحة السطحية لحوض الدفق ولما كان قطر مواسير التوزيع الدوارة = ١٢.٥ سم

وعدد مواسير التوزيع = ٤

وطول مواسير التوزيع = ٢٠ متر

والمساحة السطحية لحوض الدفق = ١٦ متر مربع

وعدد المرشحات التى يخدمها حوض الدفق = ٤

$$\therefore H_3 = \frac{٢٠ \times ٤ \times ٣,١٤ \times (٠.١٢٥)^٢}{١٦ \times ٤} \times ٤ = ٢٠ \text{سم}$$

H_4 = الفاقد فى الاحتكاك فى ماسورة التغذية

$$\frac{4 f l v^2}{2 g d} = \frac{٤ \times ٠.٠١ \times ٢٥ \times ١}{٢ \times ٩.٨ \times ٠.٢٢٥} = ٢٢ \text{ سم}$$

حيث l = طول الماسورة = ٢٥ متر

d = قطر الماسورة = ٠,٢٢٥ متر

v = السرعة فى الماسورة = ١ متر /ثانية

$\therefore H_4$ = ٢٢ سم

H_5 = الفاقد فى المنحنيات داخل ماسورة التغذية وبفرض ثلاثة منحنيات فى الماسورة

$$\therefore H_5 = \frac{.5 V^2}{2g} \times 4 = ٨ \text{ سم}$$

H_6 = الفاقد فى أذرع التوزيع – ويتوقف على الطول (٢٠ متر) والقطر (٠.١٢٥ متر) ونوع الثقوب على طول الماسورة ويقدر بحوالى ثلاثين سنتيمترا .

وبذلك يكون الفاقد الكلى فى عامود الضغط بين حوض الدفق وماسورة التوزيع =

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6$$

= ٤ + ٤ + ٢٠ + ٢٢ + ٨ + ٣٠

= ٨٨ سم (٩٠ سم تقريبا)

∴ الفرق بين منسوب المياه في حوض التوزيع ومحور أذرع التوزيع حوالي ١٥٠ سم . منها ٩٠ سم فاقد . ٦٠ سم لدفع المياه خارج الفتحات بقوة تكفي لانتظام توزيع المياه على سطح المرشح بالكامل .

(ح) الفاقد في عامود الضغط من أذرع التوزيع حتى مخرج المرشح :

h_1 = المسافة بين محور أذرع التوزيع وسطح المرشح

= ٣٠ سم (من ١٥ - ٤٥ سم)

h_2 = عمق المرشح وشبكة الصرف داخله

= ٢.٧٠ متر

∴ الفرق الكلي بين منسوب المياه في حوض الدفق ومنسوب المياه في مخرج المرشح = ١.٥٠ + ٠.٣٠ + ٢.٧ = ٤.٥٠

(ط) كفاءة تشغيل المرشح مع حوض الترسيب النهائي :

$$E = \frac{100}{1 + 0.0085\sqrt{27.5\,L}}$$

L = معدل التحميل العضوي كجم/١٠٠٠ متر٣/يوم

= ٢٠٠ كجم/١٠٠٠ متر٣/يوم

$$\therefore E = \frac{100}{1 + 0.0085\sqrt{27.5 \times 200}} = 84\ \%$$

∴ الأكسوجين الحيوي للمخلفات الخارجة من حوض الترسيب النهائي = ٢٠٠ (١ - ٠.٨٤) = ٣٢ جزء/المليون

∴ الكفاءة الكلية لعملية المعالجة = (٣٠٠ - ٣٢) / ٣٠٠ × ١٠٠ = ٩٠ ٪

المرشحات ذات المعدل العالى

High Rate Trickling filters.

وهى تشبه من ناحية المظهر المرشحات العادية فهى أحواض مملوءة بالزلط أو كسر الحجارة — يوجد فى قاعها شبكة لتصريف المياه باستمرار ومزودة بمجموعة من الرشاشات المركبة على موزعات لفافة لرش المخلفات السائلة على سطح الزلط لتتخلل طبقة الزلط ومنها إلى شبكة الصرف فى قاع خوص إلا أنها تختلف عن المرشحات العادية فى طريقة ومعدل التشغيل .

طريقة التشغيل

فى هذه المرشحات تخلط المياه القادمة من أحواض الترسيب مع المياه الخارجة من المرشح قبل رشها على سطح الزلط . أى أن المخلفات السائلة يعاد رشها على سطح المرشح أكثر من مرة وهذا ما يسمى (Recirculation) ولهذا أكثر من فائدة . إذ من المسلم به علمياً أنه إذا اتبعت طريقة إعادة المياه تمر فى وحدات التنقية أكثر من مرة — فان هذه الاعادة ستؤدى إلى تخفيف تركيز المواد العضوية فى المخلفات السائلة (الخليط من الخام والمعاد) كما أنها ستزيد من البكتريا النشطة فى المخلفات وهذه ستعمل على أكسدة وتثبيت المواد العضوية فى المخلفات السائلة مما يسهل ازالتها فيما بعد — وكذلك تقلل من احتياجات المخلفات السائلة للأكسوجين — ومن ثم يمكن رفع معدل الترشيح ومضاعفته إلى خمسة أو سبعة أضعاف معدل الترشيح العادى أى إلى حوالى خمسة وعشرون متر مكعب للمتر المسطح — وهو ما تنص عليه المواصفات وأسس التصميم عند اتباع طريقة اعادة المخلفات السائلة تمر فى المرشحات أكثر من مرة . وبذلك يمكن تصغير حجم ومساحة المرشحات الزلطية الأمر الذى يوفر كثيراً فى التكاليف الانشائية للمشروع .

مزايا المرشحات ذات المعدل العالى :

١ - المياه المعاد رشها تحتوى على عدد كبير من البكتيريا الهوائية النشطة التى تساعد فى أداء المرشح لوظيفته فى أكسدة المواد العضوية وتثبيتها إلى مواد غير قابلة للتحلل .

٢ - إعادة المياه لرشها على المرشح يتبعه زيادة معدل الرش مما ينتج عنه استمرار تفريغ (unloading) للمواد العضوية التى تم أكسدتها وتثبيتها فلا تحدث انسداد لمسام المرشح .

٣ - تخفيف المخلفات السائلة عند دخولها إلى المرشح تخفض من درجة تركيز المـــواد العضوية ويزيد من تركيز الأكسوجين فيها ومن ثم يساعد على قيام المرشح بوظيفته .

٤ - إعادة رش المياه على المرشح يزيد من انتظام تشغيل المرشح بصرف النظر عن تغير التصرف الوارد إلى محطة المعالجة أثناء الساعات أو الأيام المختلفة .

إلا أن إعادة رش المياه على المرشح يستلزم وضع محطة طلمبات لرفع التصرف الخارج من المرشح وإعادته إلى منسوب أحواض الترسيب الابتدائية

نسبة المياه المعادة للمياه القادمة من أحواض الترسيب :

وهى ما تسمى إختصاراً نسبة الاعادة (Recirculation Ratio) أى النسبة بين كمية المياه التى ترفع بالطلمبات بعد مرورها فى المرشح لتعود إليه ثانية وكمية المياه القادمة من أحواض الترسيب ولم يسبق أن مرت فى المرشح .

وتتوقف هذه النسبة على :

١ - درجة تركيز الأكسوجين الحيوى فى المخلفات السائلة .

٢ - الكفاءة المطلوبة من عملية المعالجة .

٣ - عدد مراحل الترشيح أى هل الترشيح على مرحلة واحدة (Single stage) أم على مرحلتين (double stage) .

والجدول رقم (١٩ - ١) يبين نسبة الإعادة كما يقترحها كل من باخمان ومونتجمرى .

جدول رقم (١٩ - ١)

نسبة الإعادة فى المرشحات ذات المعدلات العالية

الأكسوجين الحيوى المتص فى المخلفات السائلة الخام (جزء/المليون)	نسبة الإعادة فى كل مرحلة: الترشيح على مرحلة واحدة	نسبة الإعادة فى كل مرحلة: الترشيح على مرحلتين
صفر - ١٥٠	٠.٧٥	٠.٥
١٥٠ - ٣٠٠	١.٥	١.-
٢٠٠ - ٣٥٠	٢.٢٥	١.٥
٤٥٠ - ٦٠٠	٣.-	١.-
٦٠٠ - ٧٥٠	٣.٧٥	٣,٥
٧٥٠ - ٩٠٠	٤.٥٠	٣.-

مواصفات وأسس التصميم العامة للمرشحات ذات المعدل العالى :

١ - المرشحات دائرية المسقط الأفقى على ألا يزيد عن خمسين متراً . وتستعمل فيها الموزعات اللفافة .

٢ — تبنى الحوائط من الدبش أو الطوب بالمونة أو الخرسانة .

٣ — عمق المرشح يتروح من متر إلى مترين .

٤ — تصميم شبكات الصرف بحيث تكون نصف ممتلئة .

٥ — معدل الرش على سطح المرشح :

(ا) ١٠ — ٤٠ متر مكعب للمتر لمسطح فى اليوم بما فى ذلك كمية المياه المعادة .

(ب) من ٨٠٠ إلى ٢٠٠٠ كيلوجرام أكسوجين حيوى لكل ألف متر مكعب يومياً وذلك بدون الأخذ فى الإعتبار الأكسوجين الحيوى للسائل المعاد .

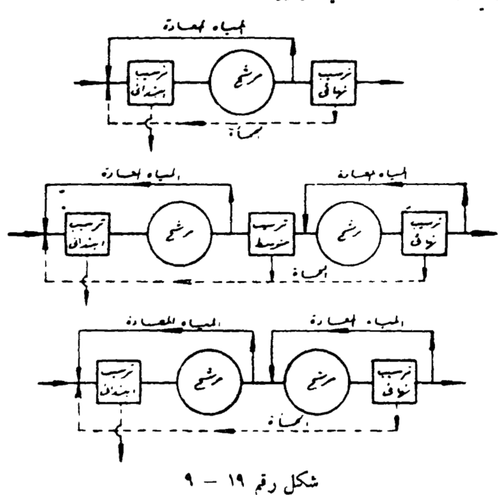
٦ — حجم حبيبات الزلط يجب أن يكون منتظماً قدر الإمكان حيث يمر ٩٥ ٪ من الحبيبات خلال فتحات قطر ٣.٥ بوصة ولا يزيد كمية الحبيبات التى تمر فى فتحات قطر ٢.٢٥ بوصة عن ١٥ ٪ من الحبيبات كما لا يمر خلال فتحات قطر ١ ١/٤ بوصة ما يزيد عن ٥ ٪ من الحبيبات .

ولقد قامت الشركات المهتمة بأعمال معالجة المخلفات السائلة بأتباع طرق مختلفة لاعادة تمرير المخلفات السائلة فى المرشحات وسجلت هذه الطرق تحت أسماء خاصة (patent) ومن هذه الطرق :

١ — البيوفلتر (Biofilter) (شكل ١٩ — ٩) :

وتقوم باتباعه شركة دور (Dorr Company) وتتميز باعادة المياه بعد المرشح إلى حوض الترسيب الابتدائى - ويكون الترشيح فى هذه الطريقة أما على مرحلة واحدة (Single stage) وفيها يستعمل مرشح واحد أو على مرحلتين (Double Stage) . وفيها يستعمل مرشحين يشتغلان على التوالى وفى هذه الحالة يمكن استعمال حوض ترسيب ما بين المرشحين أو الاستغناء

عن حوض الترسيب ما بين المرشحين ويستعمل الترشيح على مرحلتين لمعالجة المخلفات السائلة العالية التركيز .



شكل رقم ١٩ — ٩

أسس التصميم :

عمق المرشح : ٩٠ — ١٥٠ سم

التحميل الهيدروليكى (ويشمل المياه المعادة)

: ١٠ — ٤٠ متر٣/متر٢/يوم

التحميل العضوى (ولا يشمل الحمل العضوى من المياه المعادة)

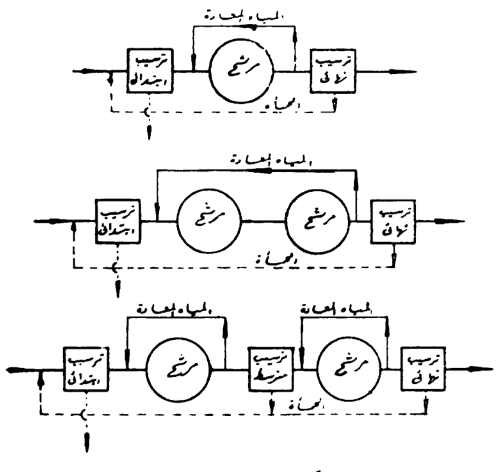
: ٩٢٥ — ١١٠٠ كيلو جرام

اكسوجين حيوى / ١٠٠٠ متر٣/يوم

كفاءة التشغيل : حوالى ٨٥ ٪

٢ – الاكسيلو فلتر (Accelo filter) (شكل ١٩ – ١٠) :

وتقوم باتباعه شركة (Infilco Company) وتتميز باعادة المياه بعد المرشح مباشرة إلى المرشح رأساً دون أن تمر فى أحواض الترسيب الابتدائية أو النهائية مما يؤدى إلى زيادة فى نشاط البكتيريا المؤكسدة .



شكل رقم ١٩ – ١٠

ويكون الترشيح فى هذه الحالة كذلك إما على مرحلة واحدة أو مرحلتين مع احتمال استعمال حوض ترسيب بين المرشحين أو الاستغناء عن هذا الحوض

أسس التصميم :

عمق المرشح : ٩٠ - ١٨٠ سم (١٥٠ سم فى المتوسط) .

التحميل الهيدروليكى (ويشمل المياه المعادة)

: ١٠ - ٣٠ متر ٣ /متر ٢ /يوم

التحميل العضوى (ولا يشمل الحمل العضوى من المياه المعادة)

: ٩٢٥ - ١١٠٠ كيلوجرام أكسوجين

حيوى /١٠٠٠ متر مكعب /يوم .

٣ - الأيروفلتر (Aeoafilter) : (شكل ٩ - ١١)

وتقوم به شركة Teomans Brothers وتتميز باعادة المياه بعد حوض الترسيب النهائى إلى المرشح . ويكون الترشيح فى هذه الحالة كذلك أما على مرحلة واحدة أو على مرحلتين مع استعمال حوض ترسيب بين المرشحين .

أسس التصميم :

عمق المرشح : ١٥٠ - ٢٤٠ سم عند الترشيح . على مرحلة واحدة .

: ٩٠ - ١٢٠ سم عند الترشيح على مرحلتين

التحميل الهيدروليكى (ويشمل المياه المعادة)

: لا يقل عن ١٣ متر ٣ /متر ٢ /يوم

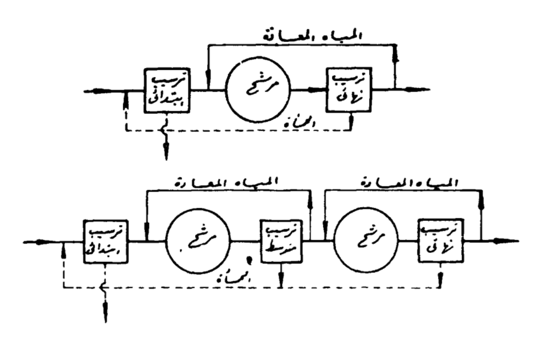
التحميل العضوى (ولا يشمل الحمل العضوى للمياه المعادة)

: ١٠٠٠ - ١٢٠٠ كيلوجرام أكسوجين

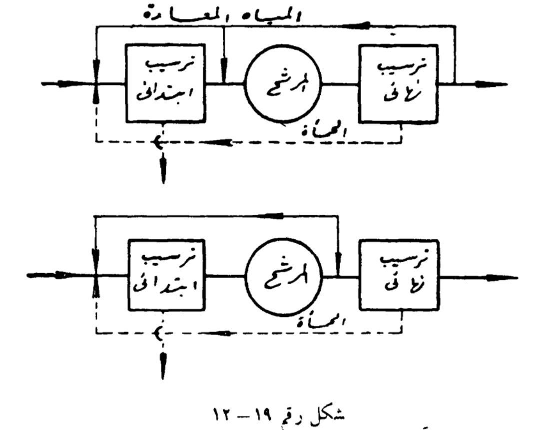
حيوى / ١٠٠٠ متر مكعب /يوم .

كفاءة التشغيل : ٧٥ - ٨٠ ٪

وهناك طرق أخرى لاعادة تمرير المياه على المرشحات (شكل ١٩ -١٢)



شكل رقم ١٩ — ١١



شكل رقم ١٩ — ١٢

أحواض الترسيب النهائية (Final Settling tanks) :

لما كانت السوائل الخارجة من المرشحات سواء العادية أو السريعة تحتوى على كمية من المواد العالقة خاصة فى وقت انقشار الطبقة الهلامية عن سطح الزلط (unloading) فأنه يلزم أن يتبع المرشحات أحواض ترسيب لحجز هذه المواد العالقة قبل التخلص من المخلفات السائلة المعالجة .

ويستعمل لأحواض الترسيب النهائى أحواض الترسيب الرأسية الهرمية أو المخروطية القاع – وهى أحواض أما مربعة أو مستديرة المسقط الأفقى يميل قاعها زاوية ٤٥ – ٦٠° مع الأفقى حتى تنزلق الرواسب إلى رأس المخروط أو الهرم المقلوب – وتسمى هذه الأحواض Durtmand tanks (شكل ٧–٦).

وتدخل المخلفات السائلة إلى هذه الحواض عن طريق ماسورة أفقية على مستوى قريب من السطح لتصب فى داخل اسطوانة بدون قاع (inlet well) يصل طولها إلى حوالى ثلث ارتفاع القاع وذلك لتوجيه الماء إلى أسفل ومن ثم تعود فتتجه إلى أعلى متجهة إلى هدار المخرج الذى يوجد بطول محيط الحوض الدائرى . أما فى حالة الحوض المربع فأن الهدار يتكون من عدة قنوات متوازية بعرض الحوض تصب جميعها فى قناة جانبية .

وتخرج الرواسب المتراكمة فى رأس القاع المخروطى أو الهرمى مندفعة بتأثير ضغط الماء من أسفل إلى أعلى فى ماسورة الرواسب ذات صمام على المخرج للتحكم فى تشغيلها .

أما أسس تصميم هذه الأحواض :

١ – مدة المكث :

للأحواض بعد المرشحات العادية : من ساعة ونصف إلى ساعتين .

للأحواض بعد المرشحات السريعة من ساعتين إلى ساعتين ونصف .

بما فى ذلك المياه المعادة .

٢ – الحد الأقصى لمعدل التحميل السطحى (Max. Overfiow Rate) :

١ – للأحواض بعد المرشحات العادية : ٩٠٠ جالون/للقدم المربع/اليوم
٤٠متر مكعب/متر مربع/يوم

٢ – للأحواض بعد المرشحات السريعة : ٧٠٠جالون/للقدم المربع/اليوم
٣٠متر مكعب/متر مربع/يوم

بما فى ذلك المياه المعادة .

وتحجز هذه الأحواض ٦٠ ٪ من المواد العالقة التى تصل إليها أما الأكسوجين الحيوى للسائل عند خروجه فيقل ٤٠٪ عن الأكسوجين الحيوى للسائل عند دخوله فى الحوض .

كفاءة المرشحات السريعة :

تتوقف كفاءة المرشحات على معدل التحميل العضوى ، النسبة بين المياه المعادة والمياه الواردة من حوض الترسيب الابتدائى وكذلك على تشغيل حوض الترسيب النهائى – والمعادلة الاقتراحية :

$$E = \frac{100}{1 + 0.0085\sqrt{2.7\,\frac{W}{VF}}}$$

تعطى الكفاءة المشتركة (Combined efficiency) للمرشح وحوض الترسيب النهائى ، حيث :

E = كفاءة المرشح (نسبة مئوية)

W = الحمل الأكسوجين الحيوى على المرشح كيلوجرام/يوم

V = حجم المرشح بالألف متر مكعب

$$\frac{1 + R}{(1 + 0.1R)^2} = F$$

R = النسبة بين المياه المعادة والمياه الواردة من حوض الترسيب الابتدائى أى نسبة الاعادة .

مثـــال :

المطلوب تصميم مرشحات الزلط السريعة المعدل اللازمة لمعالجة المخلفات السائلة إذا علم :

التصرف المطلوب معالجته : ٧٦٠٠٠ متر مكعب /يوم

الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الخام : ٣٠٠ جزء/مليون

الأكسوجين الحيوى بعد المعالجة الكاملة يجب ألا يزيد عن ٥٠ جزء فى المليون .

الحـــل :-

(١) تصميم المرشح :

بفرض ان كفاءة أحواض الترسيب الابتدائية فى تخفيض الأكسوجين الحيوى حوالى الثلث . يكون الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب = ٢٠٠ جزء فى المليون .

∴ الأكسوجين الحيوى الاجمالى = $\frac{٧٦٠٠٠ \times ٢٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$

= ١٥٫٢ طن/يوم

= ١٥٢٠٠ كيلوجرام/يوم

الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب الابتدائى = ٢٠٠ جزء/المليون

الأكسوجين الحيوى بعد المعالجة الكاملة = ٥٠ جزء /المليون

∴ كفاءة المرشح والترسيب النهائى = $\frac{٢٠٠ - ٥٠}{٢٠٠}$

= ٧٥٪

وبالرجوع إلى المعادلة الموضحة لكفاءة المرشح وحوض الترسيب النهائى : —

$$E = \frac{1}{1 + 0.0085 \sqrt{2.7 \frac{W}{VF}}}$$

E = ٧٥ ٪

W = ١٥٢٠٠ كيلوجرام/يوم

أما قيمة V ، F فغير محددتين . كما نجد أن قيمة F تعتمد على نسبة الاعادة R كما فى المعادلة :

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1 R)^2}$$

ومن هنا وجب تحديد أو اختيار قيمة R لتحديد قيمة F ومن ثم تحديد قيمة V .

وباختبار قيمة R = 2

$$\therefore F = \frac{1 + 2}{(1 + .2)^2}$$

$$= 2.08$$

وبالتعويض فى معادلة كفاءة المرشح :

$$\therefore 75 = \frac{100}{1 + 0.0085 \sqrt{2.7 \times \frac{15200}{2.08V}}}$$

$$\therefore V = 12.5$$

∴ حجم الزلط = ١٢٥٠٠ متر مكعب

∴ كمية المياه على الموشوشة على المرشح -

$$Q(1 + R) =$$

= ٧٦٠٠٠ (١ + ٢)

= ٢٢٨٠٠٠ متر مكعب يومياً

وبفرض أن التحميل الهيدروليكى على المرشح يساوى ٣٠ متر ٣/متر ٢ يوم . بما فى ذلك المياه المعادة .

$$\therefore \text{المساحة اللازمة للمرشح} = \frac{٢٢٨٠٠٠}{٣٠} = ٧٦٠٠ \text{ متر مربع}$$

وباختيار ستة مرشحات فان مساحة كل مرشح = ١٢٦٠ متر ٢ وبذلك يكون قطر كل مرشح = ٤٠ متر .

$$\therefore \text{عمق المرشح} = \frac{١٢٥٠٠}{٧٦٠٠} = ١,٦٥ \text{ متر}$$

(ب) تصميم مواسير التوزيع :

(ج) تصميم شبكات الصرف :

يتبع فى ذلك نفس الخطوات التى اتبعت فى مثال تصميم المرشحات ذات المعدل العادى .

ملحوظة : بمقارنة حجم المرشحات العادية فى المثال السابق وحجم المرشحات السريعة فى هذا المثال لنفس التصرف نجد أن حجم المرشحات العادية حوالى ستة أضعاف حجم المرشحات السريعة وفى ذلك اقتصاد كبير فى التكاليف الانشائية .

(د) محطات رفع المياه المعادة :

نسبة الاعادة = ٢

∴ تصرف الطلمبات = ٢ × ٧٦٠٠٠

= ١٥٢٠٠٠ متر٣/يوم

= ١٠٨٠ متر٣/دقيقة

على أنه يجب اختيار وحدات الرفع بحيث يمكنها رفع ضعف هذه الكمية

∴ التصرف التصميمى لمحطات رفع المياه من أحواض الترسيب النهائية إلى المرشحات يساوى ٢٠٠٠ متر ٣ / الدقيقة .

مقارنة بين نوعي المرشحات للمخلفات السائلة :

يبين الجدول التالي رقم — ٠٠ مقارنة للمواصفات الرئيسية للمرشحات العادية السريعة

المواصفات	المرشحات العادية	المرشحات السريعة
الحمل الهيدروليكي	١.٠ — ٣.٠ متر مكعب للمتر المسطح	١٠ — ٤٠ متر مكعب للمتر المسطح يومياً بما في المياه المعادة
الحمل العضوي	٠.٠٧٥ — ٠,١٥ كيلوجرام أكسوجين حيوي للمتر المكعب يومياً .	٨٠٠ — ٢٠٠٠ كيلوجرام أكسوجين حيوي لألف متر المكعب يومياً بدون الأخذ في الاعتبار المياه المعادة .
الفترات بين دورات التغذية	حوالي خمسة دقائق على دفعات	أقل من ١٥ ثانية — أي تغذية مستمرة باستمرار
خروج المواد من المرشح الرواسب المتخلفة في حوض الترسيب النهائي	سوداء . كاملة التأكسد ذات حبيبات دقيقة خفيفة	بني اللون . غير كاملة التأكسد . ذات حبيبات دقيقة سهلة التخمر
السائل الخارج من حوض الترسيب النهائي	كاملة التحول إلى أزوتات	غير كامل التحول إلى أزوتات
الأكسوجين الحيوي للسائل بعد الترسيب النهائي	قد يصل إلى أقل من ٢٠ جزء في المليون	لا يصل إلى أقل من ٣٠ جزء / المليون

الباب العشرون

المعالجة النهائية بطريقة الحمأة المنشطة

Activatd Sludge Treatment

المعالجة بالحمأة المنشطة

Activated Sludge Treatment

تتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة بتهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة المنشطة – وهى الرواسب التى تجمعت فى حوض الترسيب النهائى – فى أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (aeration tank) وينتج عن ذلك امتصاص الخليط للأكسوجين من الهواء . واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأكسوجين فى تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للتحلل . كما يؤدى التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة (coagulation) أى تجميع هذه المواد وتلاصقها فى حبيبات أكبر (flocs) يسهل ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى (final settling tank) .

ولابد لنجاح المعالجة بهذه الطريقة من أضافة الحمأة المنشطة لسابق ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى . نظراً لما تحتويه هذه الحمأة من الملايين من البكتريا الهوائية التى تكون مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة العامل الرئيسى لنجاح عملية التنقية . وبذلك تختلف طريقة الحمأة المنشطة عن طريقة المرشحات الزلطية العادية أو السريعة فى الوسيط الذى تعيش وتتكاثر فيه البكتريا التى هى أساس نجاح التنقية . فبينما يتم تكاثر البكتريا فى المرشحات الزلطية على سطح الزلط ومن ثم تقوم بأكسدة المواد العضوية التى تلتصق بسطح الزلط أثناء تسرب المخلفات السائلة خلال مسام المرشح . فإن فى هذه الطريقة يتم تكاثر البكتريا على سطح جسيمات الحمأة المعادة من أحواض الترسيب النهائى . ويستمر نشاط هذة البكتريا واكسدتها للمواد العضوية طالما استمروت التهوية والتقليب . وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط إلى أحواض

الترسيب النهائى حيث ترسب الحمأة . ليعود بعض منها إلى حوض التهوية بينما يوجه الباقى لاحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منها .

طرق التهوية

Methods of aeration

تتم التهوية فى أحواض خاصة يلتقى فى جانب منها المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائى . لتبقى فى الحوض فترة تتراوح من أربعة إلى ثمانية ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدى وظيفتها فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

ويمكن تقسيم التهوية والتقليب إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١ — التهوية بالهواء المضغوط (Compressed air) :

٢ — التهوية الميكانيكية (Mechanical aeration).

٣ — تهوية بطرق مشتركة (بالهواء المضغوط وميكانيكيا فى نفس الوقت) (Combined aeration) .

وفى أى من هذه الأحواض يجب أن تتوافر الشروط الآتية :

١ — توافر الأكسوجين فى جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا الهوائية فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحلل بسهولة .

٢ — تقليب مستمر ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكون مواد

أكبر حجماً يسهل ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائية .

٣ – تقليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد العالقة من الهبوط إلى قاع الحوض خوفاً من تراكم هذه المواد الذى ينتج عنه تعارض مع استكمال عملية الأكسدة .

كما يمكن تقسيم المهمة التى يؤديها حوض التهوية إلى ثلاثة مراحل :

١ – الترويق (Clarification) :

وهى المرحلة الأولى – وتتميز بالتجاذب السريع بين حبيبات المواد العضوية ولا يشترط أن يسود الأوكسوجين فيها وتكفى مدة تتراوح من ١٥ – ٤٥ دقيقة للحصول على نتائج حسنة فى هذا الجزء

٢ – الأكسدة (Oxidation or activation) :

وهى المرحلة الثانية – وتتم الأكسدة بفعل القوى البيولوجية وتزويد البكتريا بكمية من الأكسوجين لتنشيطها والاحتفاظ بها نشطة باستمرار – وتبتدئ عملية الأكسدة بسرعة عالية ثم تأخذ فى الابطاء قليلا لمدة تتراوح عن ساعتين إلى خمسة ساعات ثم تأخذ سرعتها فى الهبوط باستمرار .

٣ – التأزت (Nitrification) :

وهذه تبتدىء بانتهاء الخطوة الأولى (الترويق) وبعد أن بدأت عملية الأكسدة فى الحوض بفترة قصيرة وتستكمل هذه المرحلة بعد فترة تصل إلى ثمانية ساعات أحيانا .

التهوية بالهواء المضغوط

Compressed air aeration

فى هذه الطريقة تمزج المخلفات السائلة بعد معالجتها فى أحواض الترسيب الابتدائى بنسبة حوالى ٢٠ ٪ من حجمها بالحمأة المنشطة السابق

ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى . وعلى أن يمر الخليط فى أحواض يستمر التقليب فيها بفعل فقاقيع من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو القوالب المسامية مثبتة فى قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء . وتسمى البلاطات أو القوالب بناشرات الهواء (air diffusers) .

١ — أحواض التهوية ذات التيار الحلزونى :

Spiral Flow aeration tanks

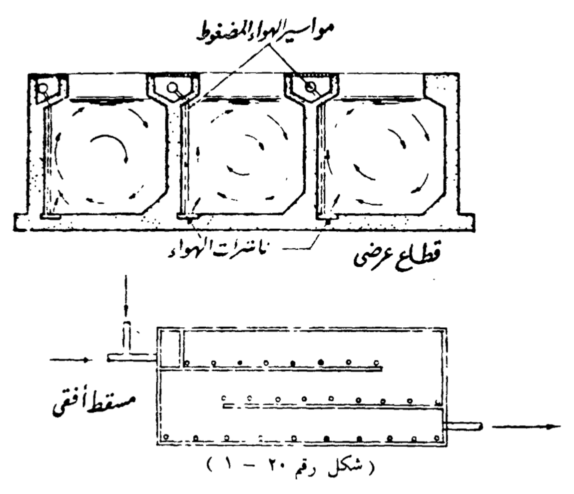
وهذه الأحواض عبارة عن قنوات طويلة يتراوح عرضها ما بين أربعة أمتار ونصف وتسعة أمتار (١٥ قدم — ٣٠ قدم) ولا يزيد عمقها عن أربعة أمتار ونصف (١٥ قدم) والسرعة الأفقية لسير المياه فى هذه الأحواض حوالى متر ونصف فى الدقيقة (٥ قدم/الدقيقة) فاذا كانت مدة المكث فى الحوض أى فترة التهوية ستة ساعات كان الطول الكلى للحوض حوالى ٦٠٠ متر (١٨٠٠ قدم) ويديهى أن هذا الطول يتم الحصول عليه باستعمال أحواض ذات حوائط حائلة تلف المياه حول نهاياتها (around the end baffle) — على أن يكون الطول الكلى لمسار المياه حول هذه الحوائط الحائلة حوالى ٦٠٠ متر .

وتوضع قوالب التهوية فى هذا النـوع من الأحواض فى أحد جوانب مسار الماء بين الحوائط الحائلة (شكل ٢٠ —١) بحيث يسبب مرور فقاقيع الهواء إلى أعلى وسير المياه أفقياً حركة حلزونية للمياه أثناء مرورها فى الحوض ومن ثم سميت هذه الأحواض بالأحواض ذات التيار الحلزونى .

٢ — أحواض التهوية ذات القنوات :

Ridge & Furrow Tanks (شكل ٢٠ — ٢) :

وهى أحواض يبنى قاعها على شكل قنوات طولية مثلثة القطاع — على أن توضع فى قاع القنوات قوالب التهوية ويسبب مرور الفقاقيع إلى أعلى



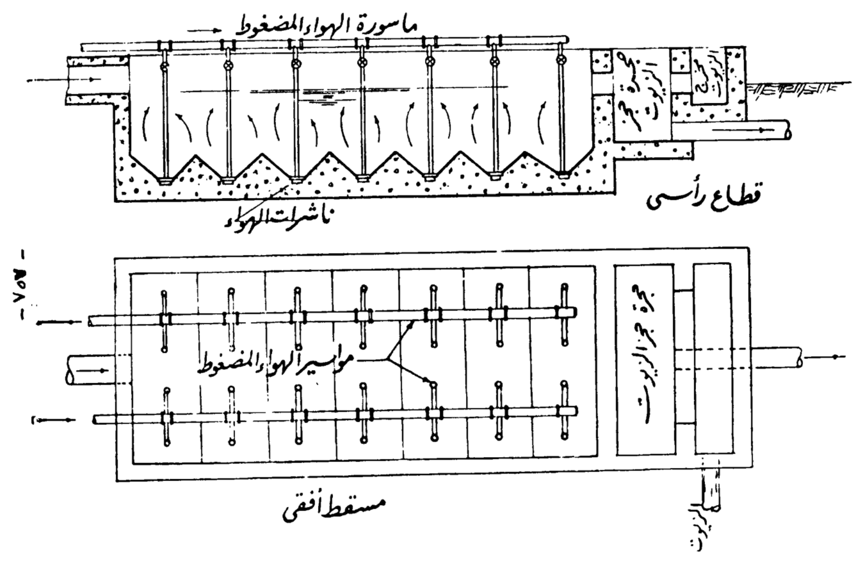
(شكل رقم ٢٠ — ١)

فى مساحة الحوض بأكمله تقليب المخلفات السائلة أثناء سريانها فى الحوض — وتبنى هذه الأحواض بأعماق حوالى أربعة أمتار ونصف (١٥ قدم) أما النسبة بين الطول والعرض فلا رابط لها ويتحكم فيها طريقة توزيع مواسير التغذية التى تمد بلاطات التهوية بالهواء المضغوط .

أسس تصميم أحواض التهوية

١ — حجم الحوض :

يتوقف حجم الحوض على التصرف الداخل اليه وعلى زمن مكث هذا التصرف فيه لتهويته — كما يتوقف هذا الزمن على تركيز المواد العضوية مقدرا بالأكسوجين الحيوى للمخلفات المعالجة فى الحوض


ماسورة الهواء المضغوط
ناشرات الهواء
قطاع رأسي
حجرة حجز
الزيوت
مخرج
الزيوت
مواسير الهواء المضغوط
حجرة حجز الزيوت
مسقط أفقي
الزيوت

شكل ٢٠ - ٢

و هناك أكثر من اقتراح لتحديد هذا الزمن و من ثم حجم حوض التهوية . الا أنه زيادة فى الاطمئنان يفضل تطبيق الاقتراحات المختلفة ثم اتباع الاقتراح الذى يعطى أكبر الأحجام .

ا ـ الحجم = التصرف × الزمن

على ألا يقل الزمن عما هو مبين فى الجدول رقم (٢٠ ـ ١) .

جدول رقم (٢٠ ـ ١)

مدة المكث فى أحواض التهوية

التصرف (بدون كمية الحمأة المعادة)	زمن التهوية بالساعة
١٠٠٠ ← ٣٠٠٠ متر٣/يوم ٠.٢ ← ٠.٨ مليون جالون/يوم	٧.٥ ساعة
٣٠٠٠ ← ٤٠٠٠ متر٣/يوم ٠.٨ ← ١. مليون جالون/يوم	٦ ـ ٧.٥ ساعه
أكثر من ٤٠٠٠ متر٣/يوم أكثر من ١. مليون جالون/يوم	٦ ساعات

ب ـ الحجم = التصرف × الزمن

حيث الزمن = T كما فى المعادلة الاقتراحية :

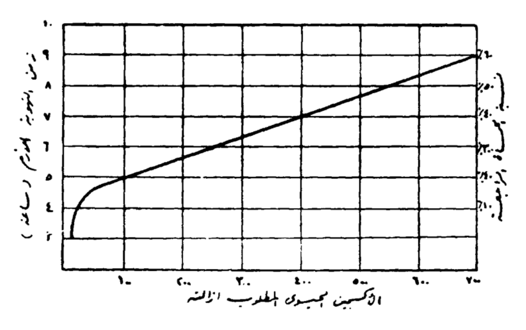
$$B.O.D. = 20\ (T + 1)$$

وحيث .B.O.D هو الأكسوجين الحيوى المطلوب ازالته فى حوض التهوية (جزء فى المليون) .

ج — الحجم = $C = 1.85\,P$

حيث P = الأكسوجين الحيوى الاجمالى للمخلفات السائلة بعد الترسيب الابتدائى مقدراً بالكيلوجرام فى اليوم .

د — ويوضح الرسم البيانى (شكل ٢٠ — ٣) العلاقة بين مدة المكث فى أحواض التهوية ودرجة تركيز الأكسوجين الحيوى الممتص كما نقترحها بعض المواصفات .



(شكل رقم ٢٠ — ٣)

هـ — وفى نفس الوقت تقترح مواصفات أخرى تحديد حجم حوض التهوية على أساس ألا يزيد الحمل العضوى المضاف للحوض عن خمسين كيلوجرام أكسوجين حيوى فى اليوم لكل مائة كيلو جرام مواد عالقة فى حوض التهوية — وفى هذه الطريقة تشبيه هذه المواد العالقة بالزلط الموجود فى المرشحات السابق شرحها .

٢ — نسبة الرواسب (الحمأة) المنشطة المعادة :

وهى كما سبق ذكره تتراوح بين ١٠٪ . ٢٥٪ من المخلفات السائلة المعالجة فى أحواض الترسيب الابتدائى.

والشكل رقم ٢٠ — ٣ يبين العلاقة بين النسبة المئوية للحماة المنشطة المعادة ودرجة تركيز الأكسوجين الحيوى .

إلا أنه يشترط فى بعض المواصفات أن يتراوح تركيز المواد العالقة فى خليط المخلفات والحمأة المنشطة المعادة فى أحواض التهوية من ١٥٠٠ إلى ٢٥٠٠ جزء فى المليون . (٢٠٠٠ جزء فى المليون فى المتوسط) .

∴ بفرض x = تركيز المواد العالقة فى الخليط .

y = تركيز المواد العالقة فى الحمأة المعادة .

z = تركيز المواد العالقة فى المخلفات السائلة بعد الترسيب الابتدائى .

∴ $(a + b)x = by + az$

حيث a = تصرف المخلفات السائلة (متر٣/يوم)

b = تصرف الحمأة المعادة (متر٣/يوم)

إلا أنه نظراً لصغر قيمة z فى المعادلة أعلاه فأنه يمكن اهمال الحد az وبذلك تصير المعادلة :

$$(a + b)x = by \cdot$$

هذه الحمأة المعادة ترفعها محطة طلمبات خاصة من قاع حوض الترسيب النهائى إلى أحواض التهوية الا أنه يجب اختيار قدرة وحدات الرفع بحيث يمكنها رفع ضعف كمية الحمأة المقدرة بالطرق السابقة وذلك لضمان حسن التشغيل إذا احتياج الأمر زيادة فى كمية الحمأة المعادة .

٣ – عمق الحوض :

لا يقل عن ثلاثة أمتار (١٠ قدم) ولا يزيد عن ستة أمتار (٢٠ قدم) ويفضل أربعة أمتار ونصف .

٤ – عدد الأحواض :

يجب ألا يقل عدد الأحواض فى أى محطة معالجة للمخلفات السائلة عن اثنين بأى حال من الأحوال .

٥ – عرض الحوض :

يتراوح عرض الحوض ذو التيار الحلزونى من خمسة إلى عشرة أمتار (١٥ – ٣٠ قدم) بينما لا توجد مواصفات خاصة لعرض الحوض ذو القنوات .

٦ – كمية الهواء اللازم للتهوية :

يجب أن تكون كمية الهواء المستعمل فى التهوية كافية لأن يصل تركيز الأكسوجين الذائب فى الماء إلى جزئين فى المليون على الأقل وبناء على درجة تركيز الأكسوجين الحيوى فان كمية الهواء اللازم لاستيفاء هذا الشرط تتراوح من ٣ إلى ١٢ لتر من الهواء الحر لكل لتر من المخلفات السائلة . تبعاً لدرجة تركيز الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة . وقد أدى توقف كمية الهواء المستعمل فى التهوية على تركيز الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة إلى تقدير كمية الهواء المطلوب تبعاً لتركيز الأكسوجين الحيوى مباشرة وفى هذه الحالة تنص المواصفات على أن تتراوح كمية الهواء المستعمل من

٣٥ —> إلى ١٠٠ متر ٣ مكعب يومياً لكل كيلوجرام من الأكسوجين الحيوى يزال من المخلفات السائلة .

أما ضغط كباسات الهواء فى المواسير فيجب أن يكون كافياً لأن يصل الهواء إلى ناشرات الهواء (air diffusers) فى قاع الحوض تحت ضغط ٠.٥٠ كجم/سم٢ — بينما تتراوح سرعة الهواء فى المواسير من ٧٠٠ إلى ١٠٠٠ متر فى الدقيقة .

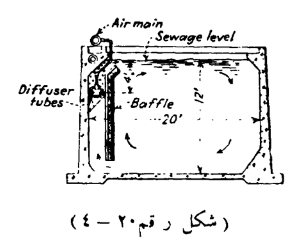
٧ — مساحة تأشرات الهواء (Area of air diffusers) :

وتوضع هذه التأشرات فى قاع الحوض إما على شكل قوالب أو بلاطات على أن تتراوح مساحتها من $\frac{1}{10}$ إلى $\frac{1}{4}$ مساحة قاع الحوض — وهذه القوالب تصنع بواسطة شركات مختلفة بمقاسات ١٢ بوصة × ١٢ بوصة وبسمك بوصة من مواد سليكية تصل مساميتها إلى حوالى ٦٠ ٪ تتميز بارتفاع نفاذيتها للهواء وفى نفس الوقت تتميز بانخفاض مساميتها للمياه الأمر الذى يمنع مرور المخلفات السائلة خلالها إلى مواسير الهواء عند توقف ضغط الهواء فى هذه المواسير لأسباب طارئة . وتختلف كمية الهواء النافذ فى ناشرات الهواء من ٠.٥ إلى ١.٥ متر ٣/متر ٢/الدقيقة .

وتنص المواصفات على أن تكون درجة نفاذية هذه البلاطات ما بين ٤٠ و ٨٠ — أى أن كمية الهواء التى تمر فى بلاطه ١٢ × ١٢ بوصة وبسمك بوصة بين ٤٠ و ٨٠ قدم مكعب /الدقيقة إذا كان فرق الضغط بين سطحى البلاطة يعادل بوصتين من الماء .

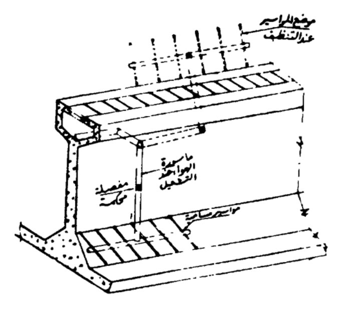
ولقد قامت بعض الشركات المختصة بعمل التعديلات فى البلاطات ناشرات الهواء فى أحواض التهوية ومن هذه التعديلات ما قامت به شركة (Link Belt) الأمريكية إذ قامت ببناء حوض تهوية ذو مسار حلزونى

(Spiral flow) باستعمال مواسير مسامية معلقة على منسوب عالى نسبياً بطول أحد جانبى الحوض على أن يبنى بطول هذا الجانب حائط حائل معلق للمساعدة فى أحداث الحركة الحلزونية للمخلفات السائلة أثناء سيرها فى الحوض (شكل ٤٠ — ٤) .



(شكل رقم ٢٠ — ٤)

كما أنه فى بعض الأحيان يستغنى عن البلاطات المسامية الناشرة للهواء باستعمال مجموعات من المواسير القصيرة الطول المثقبة أو المسامية على أن تقسم هذه المواسير إلى مجموعات تتصل كل مجموعة بماسورة معلقة رأسياً تحمل إليها الهواء المضغوط — على أن يوجد على كل ماسورة رأسية صمام ومفصلات محكمة لا تسمح بمرور الهواء منها ولكن تسمح برفع الماسورة مع ما يتصل بها من مواسير مسامية وذلك لاصلاحها أو تنظيفها أو تسليك الثقوب مما قد يكون قد تراكم عليها وذلك دون أحداث أى اضطراب أو توقف فى تشغيل الحوض (شكل ٢٠ — ٥) .



(شكل رقم ٢٠ — ٥)

متاعب طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة

١ — عدم كفاية التهوية لحفظ تركيز الأكسوجين الذائب فى الخليط بحيث لا يقل عن جزء أو جزئين فى المليون — فاذا لم يتواجد الأكسوجين بهذا التركيز فلابد من زيادة كمية الهواء أو تقليل كمية الحمأة المعادة .

٢ — عدم كفاية وقت التهوية — وهذا ينتج من صغر حجم الحوض أو اختصار المياه لمسارها فى الحوض (Short circuit) وتفادياً لهذه المتاعب لابد من انشاء أحواض جديدة وحتى يتم ذلك يقلل كمية المخلفات الداخلة إلى الحوض بتحويل مسارها إلى التخلص منها مباشرة بعد الترسيب الابتدائى (by pass) . أما اختصار المياه لمسارها فيتم التغلب عليه بانشاء الحوائط الحائلة اللازمة .

٣ — تزايد ثانى أكسيد الكربون فى الخليط فى الحوض — الذى ينتج من النشاط البيولوجى فى الحوض — فاذا زاد تركيزه فى الخليط ربما أدى ذلك إلى خفض فى نشاط الكائنات الحية الضرورى لاستمرار العملية .

وحلا لهذه المتاعب يمكن اضافة الجير بحيث لا يزيد تركيز التأين الهيدروجيني للخليط عن ٨ .

٤ — تزايد ثانى أكسيد الكربون فى الخليط نتيجة تحلل هوائى للمخلفات السائلة أثناء سيرها فى المواسير — وإذا حدث هذا فيمكن معالجته باضافة الكلور فى عدة نقط فى شبكة المواسير أو تهوية المخلفات تهوية ابتدائية فى حوض خاص قبل حوض الترسيب الابتدائى.

٥ — تزايد الشحوم إلى حوالى ١٠٪ من اجمالى الرواسب الموجودة فى حوض التهوية . هذه الشحوم ستعمل كحائل بين الأكسوجين والمواد العضوية والبكتيريا الموجودة فى الرواسب — وحلا لهذا يجب فصل الشحوم فى أجواض خاصة قبل أحواض الترسيب الابتدائى.

٦ — تسمم البكتيريا فى الخليط نتيجـة خفض أو ازدياد درجة التأين الهيدروجينى عن الحدود المسموح بها — ولعلاج ذلك يحفظ التأين الهيدروجينى فى الخليط من ٦ إلى ٨ .

أما إذا كان تسمم البكتيريا نتيجة مواد سامة مثل أو الفينول أو غيره فيجب ازالتها قبل الوصول إلى شبكة الصرف .

٧ — تكوين زبد أو رغاوى على سطح حوض التهوية نتيجة لتزايد فى استعمال المنظفات الصناعية الحديثة (detergents) ونتيجة لتواجد هذا الزبد تقل فاعلية التهوية على سطح الماء .

ولعلاج ذلك تضاف الكيماويات المضادة لتكوين الزبد الا أن هذا يكلف كثيراً — ولذلك يكتفى برش سطح الحوض برزاز من المخلفات السائلة لتكسير هذا الزبد كما أن زيادة تركيز المواد العالقة فى حوض التهوية تؤدى إلى نفس النتيجة .

تعديلات فى طرق المعالجة بالحمأة المنشطة بالهواء المضغوط :

تعتبر الطرق السابق شرحها أقدم الطرق لمعالجة المخلفات السائلة بالحمأة المنشطة Conventional Méthod ولا يزال يعتمد عليها فى تصميم المحطات الحديدة – الا أنه نظراً لما تمتاز به طريقه المعالجة بالحمأة المنشطة من مرونة فى التشغيل فلقد أدت الدراسات إلى ادخال بعض التعديلات فى أسس التصميم وطريقة التشغيل . ومن هذه الطرق : –

١ – عملية الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى : (High rate activated sludse) :

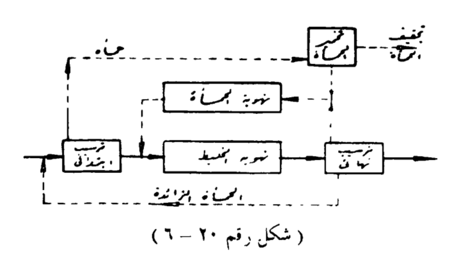
وفى هذه الطريقة تختصر زمن التهـــوية إلى ثلاثة ساعات أو أقل . كما تقل نسبة الاعادة بحيث لا تزيد عن ١٠٪ ليكون تركيز المواد العالقة فى الخليط من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ جزء فى المليون – وفى هذة الطريقة لا تزيد كفاءة عملية المعالجة كوحدة متكاملة عن ٦٠ ـــ> ٨٠ ٪ . كما أن الحمأة المعادة المرسبة فى حوض الترسيب النهائى تتحلل بسرعة و لذلك يجب اضافتها إلى حوض التهوية بسرعة دون تخزينها فى حوض الترسيب النهائى . أما كمية الهواء اللازمة فحوالى ٥ متر مكعب /متر مكعب من الخليط .

٢ – التهـــوية المدرجة (Tapered aeration) :

والمقصود بها هو تغذية المخلفات السائلة فى أحواض التهوية بالهواء بمعدلات مختلفة على طول مسار الحوض – فيكون معدل التهوية فى الجزء الأول أكبر منه فى الأجزاء التالية . وبذلك يصل إلى الأجزاء المختلفة فى الحوض كميات من الهواء تتناسب مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد فى هذه الأجزاء – إذ من المعروف أن كمية هذه المواد العضوية تتناقص على طول مسار الماء فى الحوض نظراً للنشاط المستمر للبكتيريا فى أكسدتها .

٣ - طريقة كراوس (Kraus pracess) :

وهى من استحداثات شركة Pacific Flush Tank Co. وفى هذه الطريقة يخلط نسبة معينة من الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير أو بعض منهما مع الحمأة المنشطة المرسبة فى حوض الترسيب النهائى ثم يهوى المزيج فى أحواض خاصة (شكل ٢٠ - ٦) - ثم ينتقل المزيج إلى أحواض التهوية العادية حيث يتم تهويته مع المخلفات السائلة السابق معالجتها فى حوض الترسيب الابتدائى . وتتميز هذه الطريقة بأنها توفر الغذاء اللازم للبكتيريا كما أنها لا تتأثر بزيادة الحمل عليها - وزيادة على ذلك فان الأمونيا الموجودة فى الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير تتأكسد إلى أزوتيت وأزوتات مما يقلل من متاعب التخلص منها .



(شكل رقم ٢٠ - ٦)

٤ - طريقة التنشيط البيولوجى (Bio Activation Process) :

وتتبعها شركة American Well Works وفى هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة فى أحواض ترسيب ابتدائية . يعقبها مرشحات زلط يتراوح عمقها من ٦٠ - ٩٠ سم . يعقبها حوض ترسيب ثانوى . ثم حوض تهوية ثم حوض ترسيب نهائى وتؤدى هذه الطريقة إلى تحمل العملية للزيادة

الطارئة فى الحمل العضوى وكذلك إلى خفض زمن التهوية إلى ساعة أو ساعة ونصف - أما معدل التحميل العضوى على المرشحات فهو ١٠٠ - ١٥٠ كيلوجرام أكسوجين حيوى لكل ١٠٠٠ متر مكعب / يوم .

٤ - التهوية مع التلامس (Cantact aeration) :

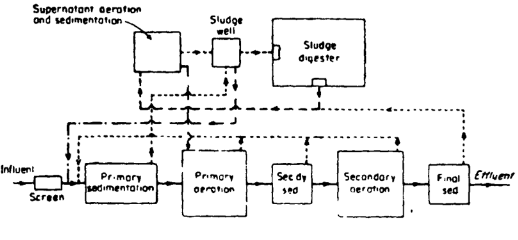
وفى هذه الطريقة تتم التهوية بادخال المخلفات السائلة المعالجة بالترسيب الابتدائى فى أحواض تحتوى على الواح من الاسبستوس رأسية (سمك اللوح ¼ بوصة والمسافة بين كل لوحين ١.٥ بوصة) . وفى نفس الوقت يدفع الهواء إلى قاع هذه الأحواض ونتيجة لذلك يغطى سطح هذه الألواح بطبقة هلامية بها الكثير من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية aerobic zoogoloeal film التى تقوم بأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة تخرج مع المخلفات بعد تهوية.

أسس التصميم :

تحتوى هذه الطريقة على ثلاثة أحواض ترسيب وحوضين تهوية . (شكل ٢٠ - ٧) .

- مدة المكث فى حوض الترسيب الابتدائى : ساعتين .
- مدة المكث فى حوض التهوية الأول : ٧٥ دقيقة .
- مدة المكث فى حوض الترسيب الثانوى : ساعة
- مدة المكث فى حوض التهوية الثانى : ساعة
- مدة المكث فى حوض الترسيب النهائى : ساعة .
- كمية الهواء اللازمة فى الحوضين : ١٢ متر٣ لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

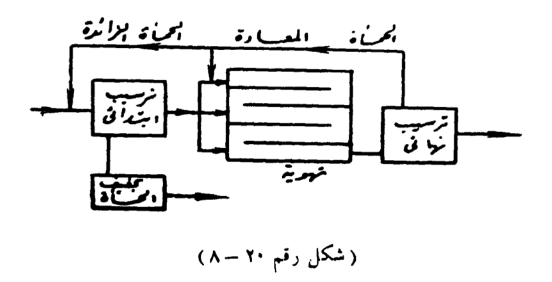
وتسمى هذه الطريقة أحياناً طريقة هايس (Hays) أو طريقة جريفيث (Griffith) وقد اثبتت نجاحهـــا فى معالجة المخلفات السائلة فى العمليات الصغيرة والمتوسطة .



(شكل رقم ٢٠ — ٧)

٥ — التهوية على خطوات Step aeration (شكل ٢٠ — ٨) .

وفيها تضاف المخلفات السائلة إلى حوض التهوية فى أكثر من موقع مما يؤدى إلى إنتظام الاحتياجات للأكسوجين بطول الحوض مما يساعد على خفض كمية الهواء لتتراوح من ٥ إلى ١٠ متر٣ لكل متر مكعب من المخلفات كما ينخفض زمن مكث الخليط فى حوض التهوية إلى ما يتراوح من ٣ إلى ٤ ساعات .



(شكل رقم ٢٠ — ٨)

٦ — التهوية على مراحل أو على التوالى Stage aeration

وفى هذه الطريقة يستعمل حوضين للتهوية يعملان على التوالى بينهما حوض ترسيب . وتعتمد نظرية التشغيل فى هذه الطريقة على اتمام الترويب فى الحوض الأول ثم اتمام الأكسدة والتأزت فى الحوض الثانى . وقد نجحت هذه الطريقة عند اتباع زمن تهوية ساعتين لكل حوض .

كما يمكن تطوير هذه الطريقة باستعمال مرشحات زلط بدلا من حوض التهوية الثانى — وهو وان كان تطويراً غير اقتصادى من ناحية التكاليف . الا أنه يمكن اتباعه لحل متاعب تشغيل المرشحات المحملة فوق طاقتها وذلك بانشاء حوض تهوية يعمل بالحمأة المنشطة قبل هذه المرشحات.

٧ — التهوية لمدة طويلة (Extended aeration) :

وفى هذه الطريقة تستمر التهوية للخليط مدة تتراوح من ١٨ إلى ٢٤ ساعة أما مدة المكث فى حوض الترسيب النهائى فتتراوح من ٣ إلى ٦ ساعات كما يمكن الاستغناء فى هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائى.

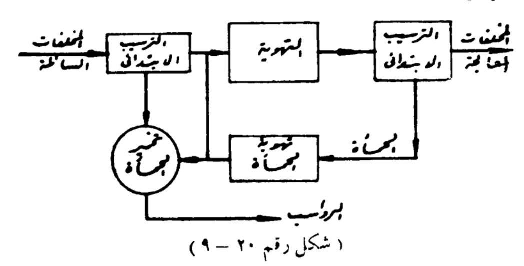
أما نسبة الحمأة المعادة فهى حوالى ١٠٠٪ من كمية المخلفات السائلة التى تدخل محطة التنقية . وبذلك يتراوح تركيز المواد العالقة فى حوض التهوية من ٥٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ جزء فى المليون — ويبلغ الحمل القصوى من ٢٤٠ إلى ٦٤٠ جزء فى المليون أكسوجين حيوى لكل متر مكعب من سعة حوض التهوية فى اليوم — وتبلغ الكفاءة الكلية لهذه الطريقة من ٨٠٪ إلى ٩٥٪.

إلا أن هذه الطريقة لا ينصح اتباعها الا للتصرفات للمجموعات المساكن الصغيرة .

٨ — اعادة تنشيط أو تهوية الحمأة (Sludge reaeration) :

والمقصود بهذا هو إعادة تنشيط الجزء من الحمأة الذى يسحب من أحواض الترسيب النهائية قبل خلطة مع المخلفات السائلة الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائية وتهوية الخليط فى أحواض التهوية ولقد كانت الأسباب التى دعت إلى إعادة تهوية الحمأة أصلا هو ما كان متبعاً فى بعض محطات معالجة المخلفات السائلة من عدم انشاء أحواض ترسيب ابتدائى مما كان ينتج عنه زيادة كبيرة فى الرواسب التى تتجمع فى أحواض الترسيب النهائية بالاضافة إلى ما كان متبعاً من حفظ الرواسب مدة طويلة فى أحواض الترسيب النهائية . مما ننتج عنه حمأة أكثر كثافة تحتوى على رواسب قاربت التعفن (Stale) وبكتيريا هوائية غير نشطة —كل هذا كان مشجعاً لإعادة تنشيط الحمأة بتهويتها فى أحواض خاصة لمدة قد تصل إلى ١٥ ساعة ثم اضافة هذه الحمأة إلى المخلفات السائلة فى أحواض التهوية كما سبق شرحه .

إلا أن ما يتبع حالياً من انشاء أحواض الترسيب الابتدائية وكذلك عدم حفظ الرواسب فى أحواض الترسيب النهائية مدة طويلة قد كانا السبب فى عدم التوسع فى انشاء أحواض خاصة لاعادة تنشيط الحمأة فى عمليات معالجة المخلفات السائلة الحديثة . والاكتفاء بتهوية الحمأة المعادة فى القنوات التى تسير فيها فى طريقها إلى حوض التهوية .



(شكل رقم ٢٠ — ٩)

مثـال : المطلوب تصميم أحواض التهوية بالهواء المضغوط لمعالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة إذا علم :

١ - التصرف المطلوب معالجته : ٧٦٠٠٠ متر٣/يوم .

٢ - المواد العالقة فى المخلفات السائلة : ٣٥٠ جزء/المليون .

٣ - الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة : ٣٠٠ جزء / المليون .

الحل : (١) ابعاد الحوض :

بفرض كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى فى تخفيض الأكسوجين الحيوى حوالى ٣٣٪ .

∴ الأكسوجين الحيوى للمخلفات عند دخولها أحواض التهوية = ٢٠٠ جزء فى المليون .

∴ الأكسوجين الحيوى الإجمالى للمخلفات

$$= \frac{٧٦٠٠٠ \times ٢٠٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ١٥.٢ \text{ طن}$$

∴ حجم حوض التهوية = ١.٨٥ × ١٥٢٠٠ (١)

= ٢٧٦٧٠ متر٣

وبالرجوع إلى الجدول رقم (٢٠ - ١) نجد أن التصرف اليومى أكثر من ٤٠٠٠ متر٣ ولذلك يكون زمن التهوية ٦ ساعات .

$$\therefore \text{حجم الحوض} = \frac{٧٦٠٠٠ \times ٦}{٢٤} = ١٩٠٠٠ \text{ متر}^٣ \quad (٢)$$

وكذلك بالرجوع إلى المعادلة ٣ وبفرض أن الأوكسوجين الحيوى المطلوب ازالته هو ١٧٠ جزء فى المليون

$$\therefore ١٧٠ \quad ٢٠ \,(T + ١)$$

$$\therefore T = \frac{١٧٠}{٢٠} - ١ = ٧.٥ \text{ ساعة}$$

∴ حجم الأحواض = $\frac{٧٦٠٠٠ \times ٧,٥}{٢٤}$ = ٢٤٠٠٠ متر٣ (٣)

أما إذا اعتبر الحمل للعضوى المضاف لحوض التهوية (من حوض الترسيب الابتدائى (هو ٤٠ كيلو جرام لكل مائة كيلو من المواد العالقة الموجودة فى حوض التهوية) — و لما كان الأكسوجين الحيوى الاجمالى للمخلفات الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى هو ١٥.٢٠ طن .

∴ كمية المواد العالقة المطلوبة فى حوض التهوية

= $\frac{١٥٢٠٠}{٤٠}$ × ١٠٠ = ٣٨٠٠٠ كيلوجرام

فاذا كان تركيز المواد العالقة فى الحوض هو ٢٠٠٠ جزء فى المليون .

∴ حجم الحوض = $\frac{٣٨٠٠٠}{٢٠٠٠}$ × ١٠٠٠٠٠٠

= ١٩٠٠٠٠٠٠ لتر

= ١٩٠٠٠ متر مكعب (٤)

ولكن زيادة فى الاحتياط نأخذ القيمة الأكبر من القيم الأربع التى حصلنا عليها أعلاه .

أى أن حجم الحوض = ٢٧٦٧٠ متر٣

فاذا كان العمق = ٤.٥ متر٣

∴ المساحة السطحية = ٦٢٠٠ متر٢

فاذا كان العرض = ٦٠ متر

∴ الطول = ١٠٣٣ متر

ويفضل فى هذا التصرف أن يؤخذ حوضين كل حوض يمر فيه ٧٦٠٠٠ ÷ ٢ = ٣٨٠٠٠ متر٣/يوم وان يكون طول حوض ٥١٦ متر وبعرض ٦ متر وبعمق ٤.٥ متر .

ولكن نظراً لاستحالة انشاء حوض بطول ٥١٦ متر فان الحوض ينشأ مربع تقريباً على أن يقسم إلى قنوات بخوائط حائلة يدير حولها الماء around the end baffles — بحيث تعطى مساراً للمياه طوله ٥١٦ متر فى الحوض الواحد .

(ب) كمية الهواء اللازمة :

على أساس ٧٠ متر مكعب لكل كيلوجرام أكسوجين حيوى ولما كان الأكسوجين الحيوى للمخلفات الداخلة فى حوض التهوية هو ١٥.٢٠ طن/اليوم .

∴ كمية الهواء اللازمة = ٧٠ × ١٥٢٠٠ =

= ٨٦٤٠٠٠ متر٣/اليوم

= ١٠ متر٣/الثانية

يضاف إلى ذلك ٥٠ ٪ كاحتياطى

∴ التصرف الاجمالى = ١٥ متر٣/الثانية .

∴ التصرف الاجمالى لكل حوض = ٧,٥٠ متر٣/الثانية

وبفرض سرعة الهواء فى المواسير = ١٢,٥ متر/الثانية .

(من ١٠ — ١٥ متر/الثانية) يمكن ايجاد اقطار مواسير الهواء المغذية لكل حوض — والمغذية لكل قناة من قنوات حوض التهوية .

(ج) مساحات تأشرات الهواء :

على أساس معدل نفاذية الهواء فى البلاطات المسامية يساوى متر ٣/متر ٢/دقيقة .

∴ مساحة البلاطات المسامية فى الحوض

= ٦٠ × $\frac{٩٠}{٦}$ = ٩٠٠ متر٢ (لكل حوض ٤٥٠ متر٢)

∴ النسبة بين مساحة البلاطات والمساحة السطحية

للأحواض = ٩٠٠ : ٦٢٠٠ = ١ : ٧ تقريباً

وهو ما يتفق فى المواصفات التى تنص على أن النسبة تتراوح من $\frac{١}{٦}$ — $\frac{١}{٥}$

وباستعمال بلاطات ٣٠ × ٣٠ سم وباعتبار أن حوالى ١ سم من كل جانب من جوانب البلاطة يفقد مساميته عند التثبيت . فتكون المساحة الصافية الفعالة للبلاطة هى ٢٨ — ٢٨ سم = ٧٨٤ سم٢ = ٠٫٠٧٨٤ متر٢

∴ العدد الكلى للبلاطات (فى الحوضين)

= $\frac{٩٠٠}{٠٫٠٧٨٤}$ = ١١٥٠

كل حوض ٥٧٥ بلاطة

(د) تنظيم بلاطات ناشرات الهواء :

بفرض توزيع ناشرات الهواء بطريقة التهوية المتدرجة tapered aeration فأنه يقترح التوزيع الآتى باعتبار أن كل حوض مكون من ستة قنوات : نصف عدد البلاطات أى ٢٨٨ فى القناتين الأوليين . ثلث عدد البلاطات أى ١٩٢ فى القناتين الثانيتين ، وسدس عدد البلاطات أى ٩٦ فى القناتين الآخرتين .

(هـ) كمية الحمأة الراجعة :

بفرض المواد العالقة فى المخلفات السائلة عند خروجها من حوض الترسيب الابتدائى ١٠٠ جزء فى المليون وأن المواد العالقة فى الحمأة المعادة ١.٥٪ أى خمسة عشر ألف جزء فى المليون ، وأن المطلوب خفظ الخليط فى حوض التهوية محتويا على ٢٠٠٠ جزء فى المليون مواد عالقة ، فان :

$$(a + b)\ 2000 = 15000\ b$$

$$\therefore \quad b : a = 1 : 7 = 15\%$$

حيث a = كمية المخلفات السائلة

b = كمية الحمأة المعادة .

∴ كمية الحمأة المعادة = ٧٦٠٠٠ × $\frac{١}{٧}$

= ١١٠٠٠ متر مكعب يومياً .

∴ التصرف التصميمى لوحدات رفع الحمأة يساوى ٢٢٠٠٠ متر مكعب/يوم .

(و) زمن المكث الفعلى فى حوض التهوية :

من الحسابات السابقة يتضح أن :

حجم الحوض = ٢٧٦٧٠ متر مكعب

التصرف = ٧٦٠٠٠ متر٣/يوم

الحماة المعادة = ١١٠٠٠ متر٣/يوم

∴ مدة المكث = $\frac{٢٧٦٧٠}{١١٠٠٠ + ٧٦٠٠٠} \times ٢٤$

= ٧,٥ ساعات

التهوية بالطرق الميكانيكية

Mechanical Aeration methads

تتم التهوية فى هذه الحالة باستخدام طرق ميكانيكية تحدث اضطرابا فى سطح المخلفات السائلة – هذا الاضطراب يساعد على أن يمتص السائل الأكسوجين من الهواء ومن ثم تقوم البكتيريا الهوائية فى استخدام هذا الأكسوجين فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

وأهم الطرق المستعملة للتهوية الميكانيكية هى :

١ – طريقة سمبلكس للتهوية السطحية (Simplex surface aeration) :

وفى هذه الطريقة يتم تهوية المخلفات السائلة المضاف إليها نسبة من الحمأة المرسبة بأحواض الترسيب النهائية فى أحواض خاصة يشكل قاعها على هيئة أهرامات ناقصة مقلوبة وترتفع فى رأس كل هرم ماسورة رأسية فى نهايتها مروحة بشكل خاص تدور بقوة محرك فيرتفع السائل فى الماسورة ويخرج من فوهتها العليا على شكل رزاز وبذلك تتم عمليتى التقليب والتهوية للسائل (شكل ٢٠ – ١٠) .

وأهم أسس تصميم هذه الأحواض هى :

١ – العمق الكلى حوالى خمسة مترات .

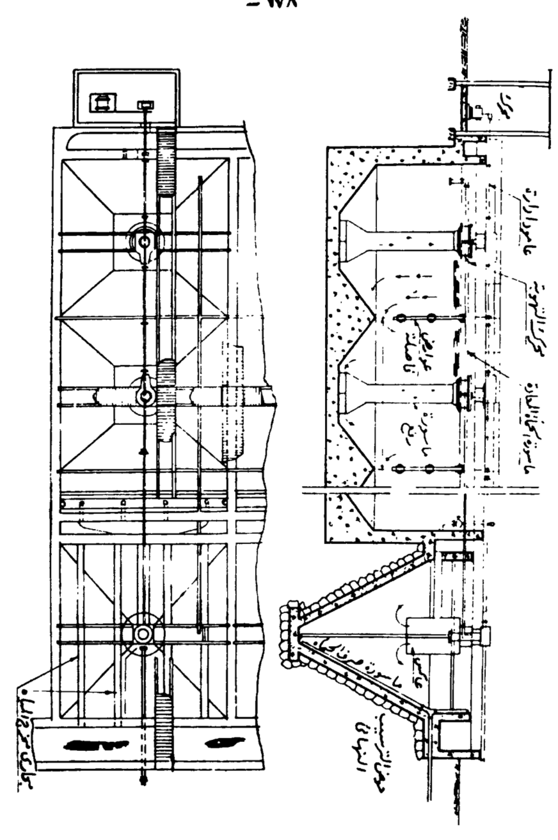
٢ – القاعدة العلوية للأهرامات المقلوبة حوالى ٧.٥ متر – ٧.٥ متر .

٣ – ميل جوانب الأهرام المقلوبة ٤٥ .

٤ – القاعدة السفلية للاهرامات المقلوبة حوالى ٢.٥ – ٢.٥ متر .

٥ – ارتفاع الهرم المقلوب حوالى ٢.٥ متر .

٦ – قطر الماسورة ٠.٧٥ متر إلى ١.٠ متر .



(شكل رقم ٢٠ — ١٠)

٧ — قطر المروحة من ١,٥ متر إلى ٢,٠ متر .

٨ — مدة المكث تتراوح من ثمانية إلى اثنى عشر ساعة .

٩ — نسبة الحمأة المعادة ٢٠٪ — ٢٥٪ من المخلفات السائلة .

٢ — طريقة شفلد للتهوية (Sheffield System) (شكل ٢٠ — ١١) :

وقد سميت بهذا الاسم نظراً لأنها استعملت لأول مرة فى مدينة شفلد بانجلترا . وحوض التهوية اللازم لهذه الطريقة يتراوح عمقه من متر إلى متر ونصف مقسم إلى قنوات بواسطة حوائط حائلة — تمر المياه فيما بينها ذهاباً وجيئة لمدة قد تصل إلى اثنى عشر ساعة لتتم فيها التهوية من طريق سواقى ذات أزرع حديدية (شكل ٢٠ — ١٢) ندور فى القنوات المكونة للحوض حول محاور أفقية لتضرب سطح السائل محدثة فيه الاضطراب اللازم لتقليبه وليمتص الأكسوجين من الهواء .

ولما كانت المخلفات السائلة تسير فيما بين الحوائط فى اتجاهين مختلفين فان السواقى يلف نصفها فى اتجاه والنصف الآخر فى اتجاه مضاد — على أن يكون اتجاه سير كل ساقية فى اتجاه سير المياه فى القناة التى تدور فيها الساقية .

وأهم أسس تصميم هذه الأحواض هى :

١ — عمق الحوض : من ١ إلى ١,٥٠ متر .

٢ — عرض القنوات ما بين الحوائط الحائلة تتراوح من متر إلى مترين .

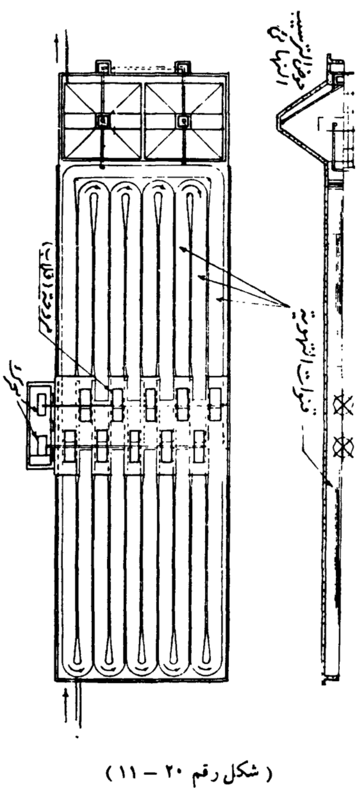
٣ — سرعة سير المخلفات السائلة فى القنوات : نصف متر فى الثانية .

٤ — سرعة دوران السواقى : ١٢ - ١٨ لفة فى الدقيقة .

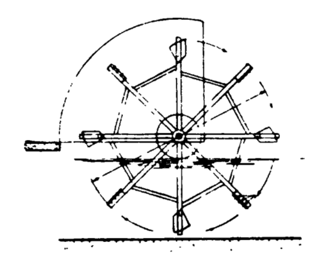
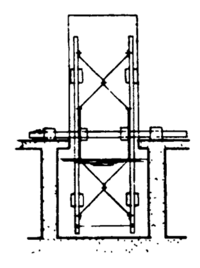
٥ — قطر السواقى : ٢.٥ — ٣.٥ متر .

٦ — مدة المكث : من ٨ إلى ١٢ ساعة .

٧ — نسبة الحمأة المعادة : ٢٠ ٪ — ٢٥ ٪ من المخلفات السائلة .



(شكل رقم ٢٠ — ١١)

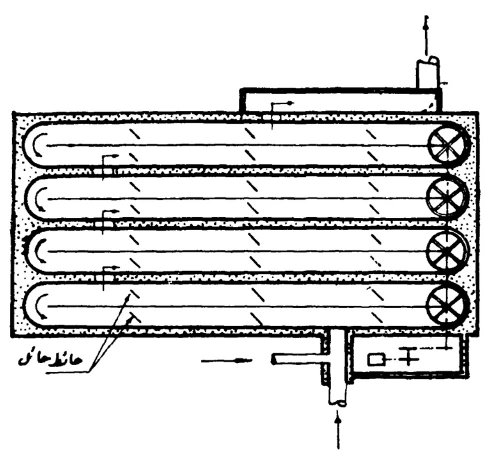
(شكل رقم ٢٠ — ١٢)

٣ — طريقة هارتلى لتهوية (Harthy aeration process) (شكل ٢٠—١٣)

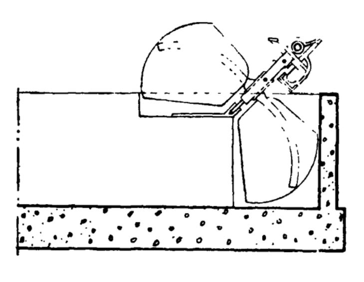
والحوض اللازم للتهوية بهذه الطريقة لا يختلف كثيراً عن الحوض المستعمل فى طريقة شفلد فهو حوض مقسم بواسطة حوائط حائلة إلى قنوات تسير فيها المخلفات السائلة ذهابا وإيابا حول الحوائط الحائلة — على أنه يوجد فى نهاية كل قناتين متجاورتين قلايات ميكانيكية مائلة الوضع تدور فتعطى المياه أثناء جريانها بين الحوائط الحائلة حركة حلزونية تسبب اضطرابا فى سطح السائل — وهذا بالتالى يشجع على امتصاص السائل للأكسوجين من الجو (شكل ٢٠—١٤) .

٤ - طريقه الفرش الدائرة للتهوية (Brush aeration) (شكل ٢٠—١٥) :

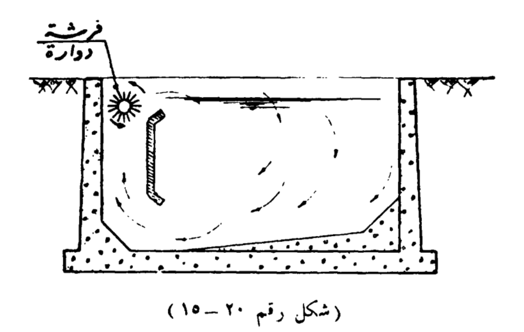
ويتم التهوية فى هذه الحالة فى أحواض مستطيلة قليلة العمق - مركب على حوائطها الطولية فرش . اسطوانية بحيث تكون نصفها تقريباً مغموراً فى الماء - وبطول الحوض يوجد حائط حائل بجوار الفرش .



(شكل رقم ٢٠ – ١٣)



(شكل رقم ٢٠ – ١٤)



(شكل رقم ٢٠ — ١٥)

هذه الفرش تدار بواسطة محرك بسرعة كبيرة يتسبب عنها سحب الماء ما بين الحائط الحائل وجدار الحوض لينتشر على سطح الحوض على شكل رذاذ — وبذلك تتوالد فى الحوض حركة مستديمة مما ينتج عنها تهوية للمخلفات السائلة فيه .

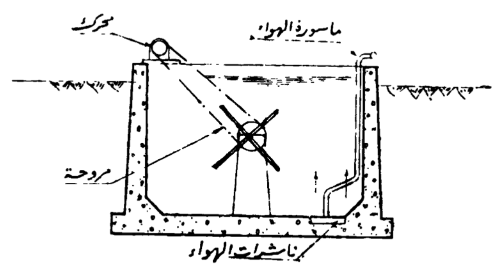
طرق التهوية المشتركة

(التقليب ميكانيكياً وبالهواء المضغوط فى نفس الوقت)

نظراً لما أثبتته الأبحاث والتجارب أن حوالى عشرة فى المائة فقط من الهواء المضغوط يستعمل لأكسدة وتثبيت المواد العضوية فى المخلفات السائلة وأن الباقى يستفاد منه فى التقليب لمنع الرواسب من الهبوط إلى قاع أحواض التهوية وكذلك فى زيادة اضطراب سطح السائل الأمر الذى يساعد على امتصاص الأكسوجين من الهواء . فلقد عمد البعض إلى انشاء أحواض تهوية يستخدم فيها الهواء المضغوط على أن تقلب محتوياتها بواسطة سواقى

غاطسة فى السائل . مما ينتج عنه اقتصاد كبير فى كمية الهواء المضغوط المستعمل (شكل ٢٠ — ١٦) .

وهذه الطريقة لا تستعمل فى المحطات الكبيرة .



شكل رقم ٢٠ — ١٦

مزايا المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة :

١ — الخلو من متاعب الروائح والذباب .

٢ — تحتاج إلى مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة التى تحتاجها المرشحات .

٣ — مصاريف أنشاء صغيرة نسبياً .

٤ — يمكن انشاؤها بالقرب من المساكن دون ضرر أو مضايقة للسكان

٥ — لا تحتاج إلى أيدى عاملة كثيرة للتشغيل .

٦ — لا يتسبب عنها فاقد فى منسوب المياه فى الأحواض .

عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة :

١ — تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة فى حجم الحمأة وكذلك صعوبة تجفيفها .

٢ — ارتفاع مصاريف الصيانة والتشغيل .

٣ — تحتاج إلى إشراف فني على مستوى عالى .

٤ — قد ينتج صعوبات فى التشغيل عند تواجد بعض المخلفات الصناعية

٥ — بدون أسباب معروفة تسوء نتائج العملية ويحتاج الأمر وقت طويل لاعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة .

أحواض الترسيب النهائى :

وهى تستقبل المخلفات السائلة الخارجة من أحواض التهوية وفيها ترسب المواد العالقة التى تمت أكسدتها وتثبيتها فى هذه الأحواض وهى لا تختلف كثيراً فى المظهر عن أحواض الترسيب النهائى السابق شرحها للاستعمال مع المرشحات الزلط العادية والسريعة وأما أسس التصميم الرئيسية لهذه الأحواض فهى :

١ — مدة المكث : ١,٥ — ٢ ساعة .

٢ — معدل التحميل السطحى : ٨٠٠ — ١٠٠٠ جالون/قدم٢/يوم
٣٢,٠ ← ٤٠,٠ متر مكعب/متر٢/يوم

٣ — معدل التحميل على هدار المخرج : ١٥٠٠٠ جالون/قدم/يوم
١٨٠ لتر/متر/يوم

على أنه يتبع نفس طرق تنظيف الأحواض التى سبق ذكرها فى تنظيف هذه الأحواض .

نتائج المعالجة بالحمأة المنشطة :

تصل درجة معالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة إلى النتائج الآتية :

١ — ازالة الرواسب : ٨٥ — ٩٥ ٪ .

٢ — خفض الأكسوجين الحيوى الممتص : ٨٠ — ٩٥ ٪ .

٣ — خفض البكتيريا القولون (coliform) : ٩٠ — ٩٥ ٪ .

الباب الحادى والعشرون

المعالجة النهائية بطريقة :ـ

١ – المرشحات الرملية

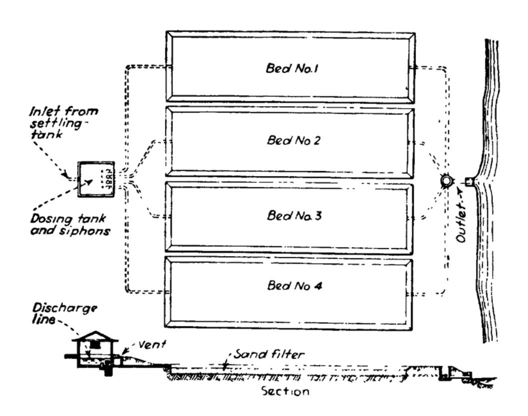
٢ – بحيرات الأكسدة

٣ – قنوات الأكسدة

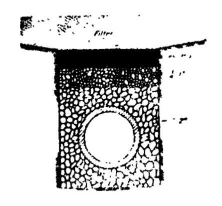
المرشحات الرملية للمخلفات السائلة

Intermittent Sand Filters

وهذه المرشحات كما فى الشكل رقم (٢١ — ١) عبارة عن أحواض ذات جوانب ترابية وكذلك قاع ترابى وعلى القاع توجد شبكة من المواسير من الفخار المفتوحة الوصلات قطر ٤ بوصة (١٠ سم) — على مسافات من عشرة إلى إثنى عشر متراً — وتحيط بهذه المواسير وتعلوها بارتفاع حوالى نصف متر طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل بارتفاع ٩٠ — ١٢٠ سنتيمتراً. والشكل رقم (٢١ — ٢) يبين قطاع فى مواسير الصرف.



(شكل رقم ٢١ — ١)



(شكل رقم ٢١ — ٢)

نظرية وطريقة تشغيل المرشح :

يغمر المرشح بالمخلفات السائلة بحيث يكون ارتفاع طبقة المخلفات السائلة ما بين ٥ ـ ٧ سنتيمتر فقط ثم تترك المخلفات السائلة لتتسرب السوائل منها داخل طبقة الرمل ثم الزلط ثم شبكة مواسير الصرف التى تحملها إلى حيث يتم التخلص منها فى مصرف مجاور .

ونتيجة لذلك تكتسى حبيبات الرمل بغشاء من المواد العضوية الدقيقة العالقة والتى لا تنفذ خلال مسام الرمل . فإذا ما تم تسرب السوائل خلال الرمل والزلط تعرضت هذه المواد العضوية لفعل البكتريا الهوائية التى تعمل على إمتصاص الأكسوجين من الجو وتثبت المواد العضوية إلى مواد غير عضوية غير قابلة للتحلل ومن ذلك يتضح أهمية تشغيل المرشح تشغيلا متقطعاً أى على دفعات إذ أنه خلال الفترة التى لا يكون فيها الرمل مغمورا بمخلفات السائلة يكون نشاط البكتريا الهوائية على أشده فى أكسدة المواد العضوية ومن هنا جاء تسمية هذه المرشحات بالمرشحات الرملية المتقطعة التشغيل (Intermittent Sand Filter) .

ولا بد من وجود ثلاثة مرشحات على الأقل ويفضل أربعة مرشحات فى محطة المعالجة مهما صغر حجمها — فيغمر الحوض الأول على دفعات متقطعة لمده يوم كامل — ثم يغمر الحوض الثانى لمدة يوم ثم الحوض الثالث لمدة يوم آخر — ثم يأتى دور الحوض الأول ليعاد غمره وهكذا — أى أن كل حوض يستقبل المخلفات السائلة على دفعات لمدة يوم كامل ويستريح لمدة يومين .

ويصير التحكم فى توجيه المخلفات السائلة من حوض إلى آخـــر أما يدوياً بعدد من الصمامات أو آلياً بصناديق الدفق .

أما الحوض الرابع فيستعمل لاراحة كل حوض مدة أسبوع أو أكثر حسب حالة الأحواض — كما أنه فى حالة تراكم الرواسب على سطح الرمل يوقف تشغيل الحوض حتى يجف ثم يكشط الطبقة العليا من الرمل بسمك ٣ — ٥ سنتيمتر ثم يضاف رمل جديد بدلا عنها — على أن يتم التخلص من الرمل المزال وما به من مواد عالقة باستعماله كردم للأماكن المنخفضة فى المنطقـــة .

مواصفات واسس تصميم المرشحات :

١ — تقسم المساحة المطلوبة إلى أحواض تتراوح مساحة كل حوض من ربع الفدان إلى فدان .

٢ — عمق طبقة الرمل : ٩٠ — ١٢٠ سنتيمتر .

٣ — الحجم الفعال حبيبات الرمل : ٠.٢ — ٠.٥ مم . معامل انتظام ٢ — ٣ .

٤ — عمق طبقة الزلط : ٣٠ — ٥٠ سنتيمتر .

٥ — حجم حبيبات الزلط : الطبقة السفلى : من ٣ — ٥ سنتيمتر .
الطبقة العليا : من ١ — ٢ سنتيمتر
٦ — قطر مواسير الصرف : ٤ بوصة .
٧ — ميل مواسير الصرف : ١ : ٢٠٠ على الأقل .
٨ — المسافة بين مواسير الصرف : ٩ ——> ١٢ متر .
٩ — السرعة فى مواسير الصرف / ٧٠ ——> ٩٠ سم/الثانية .

معدلات الترشيح :

تختلف معدلات الترشيح أى معدل غمر مساحة فدان من المرشح . أى كمية المياه التى يغمر بها فدان من المرشح فى اليوم الكامل تبعاً للعوامل الآتية :

(ا) حجم حبيبات الرمل .

(ب) تكوين المخلفات السائلة وما تحتويه من مواد عالقة وهل هذه المخلفات سبق لها المعالجة بالترسيب أم لا — ومدى كفاءة هذه المعالجة . إذ أنه فى بعض الحالات يغمر فيها المرشح بالمخلفات بعد أمرارها فى مرشحات الزلط العادية . وذلك بغية الزيادة فى كفاءة محطة المعالجة كوحدة واحدة — ويتوقف المعدل المستعمل على العوامل السابقة كما هو موضح فيما بعد :

(ا) المخلفات الخام (بعد المصافى بدون ترسيب ابتدائى) :

حجم الرمل	معدل الترشيح
٠.٢ مم	٢٠٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠.٣ مم	٢٥٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠.٤ مم	٣٠٠ متر مكعب للفدان يومياً

(ب) المخلفات بعد تعرضها للترسيب الابتدائى :

حجم الرمل	معدل الترشيح
٠.٢ مم	٥٠٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠.٣ مم	٥٥٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠,٤ مم	٦٠٠ متر مكعب للفدان يومياً

(ج) المخلفات بعد تعرضها للترسيب الابتدائى ثم المرشحات الزالط :

حجم الرمل	معدل الترشيح
٠.٢ مم	٩٠٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠.٣ مم	١٢٠٠ متر مكعب للفدان يومياً
٠.٤ مم	١٥٠٠ متر مكعب للفدان يومياً

مزايا مرشحات الرمل :

١ — بسيطة التشغيل ولا تحتاج إلى أجهزة ميكانيكية للتشغيل .

٢ — لا تسبب متعب بالنسبة لتوالد الحشرات مثل الذباب .

٣ — كفاءة عالية فى معالجة المخلفات أى خفض كبير للأكسوجين الحيوى وكذلك نقص كثير فى عدد البكتريا .

٤ — لا ينتج عنها رواسب لابد من التخلص منها .

٥ — تناسب العمليات الصغرى وخاصة حيث يتطلب معالجة على درجة عالية من الكفاءة .

نتائج التشغيل :

وهذه تتوقف على حجم حبيبات الرمل وعلى معدل الترشيح — ولقد أظهرت التجارب التى عملت فى ذلك الصدد أن كفاءة هذه المرشحات تتراوح ما بين ٨٥ ٪ و ٩٥ ٪ بالنسبة لكل من حجز البكتريا وكذلك خفض الأكسوجين الحيوى .

بحيرات الاكسدة

Oxidartion ponds

تعتبر بحيرات الأكسدة أحد الطرق التى يعتمد فيها على العوامل الطبيعية مثل ضوء الشمس . الأكسوجين الجوى . درجة الحرارة فى تنشيط البكتيريا الهوائية لتؤكسد وتثبت المواد العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة — وبحيرات الأكسدة عبارة عن بحيرات صناعية كبيرة ضحلة (lagoons) تنساب اليها المخلفات السائلة الخام أو المرسبة وتبقى فيها مدة طويلة تمكنها من امتصاص الأكسوجين الجوى ومن ثم تستعمله البكتيريا الهوائية فى أكسدة وتثبيت ما بها من مواد عضوية ولذلك سميت ببحيرات الأكسدة .

كما يعيش ويتكاثر فى هذه البحيرات اعداد هائلة من الطحالب بأنواعها المختلفة — هذه الطحالب تستهلك الفضلات الناتجة من أكسدة البكتيريا للمواد العضوية مثل ثانى أكسيد الكربون والنوشادر وفى نفس الوقت يتصاعد منها الأكسوجين — وذلك أثناء عملية التمثيل الكلوروفيلى (photosynthesis) — إلا أن كمية هذا الأكسوجين تتغير تبعاً لشدة الضوء . فهى على أشدها فى أثناء النهار حيث الضوء ساطع . وتأخذ فى الضعف فى الصباح الباكر والغروب وتتوقف نهائياً فى المساء .

وبالرغم من فائدة الطحالب إذ تمد البكتيريا ببعض الأكسوجين اللازم لنشاطها . فقد تكون عبئاً عليها إذا تكاثرت بدرجة كبيرة ثم ماتت كميات كبيرة منها مما يزيد من كمية المواد العضوية الميتة فى المخلفات السائلة . أى يزيد الحمل العضوى (الأكسوجين الحيوى) للمخلفات السائلة — وذلك نجد

ويسيء إلى كفاءة تشغيل البحيرة إذ تخرج منها المخلفات السائلة وقد زاد الأكسوجين الحيوى فيها عن التركيز المنتظر .

أنواع بحيرات الأكسدة : هناك ثلاثة أنواع :

١ — بحيرات لاهوائية يتبعها بحيرات أكسدة هوائية — وهذه تستعمل فى معالجة المخلفات السائلة الخام . ففى البحيرة الأولى يتم ترسيب المواد العالقة وتخميرها — ولا يحتاج الأمر تنظيف هذه البحيرات بمارسب فيها إذ أنها بحجمها الكبير لا يتأثر بالكميات البسيطة من الرواسب التى تتجمع فيها — وفى البحيرة الثانية يتم أكسدة وتثبيت المواد العضوية بفعل البكتيريا الهوائية .

ويعيب هذا النوع من البحيرات تصاعد الروائح الضارة واحتمال انتشارها فى المنطقة مما يضايق السكان — كما يلزم . على فترات متقطعة . إعادة بعض المخلفات السائلة من البحيرة الثانية إلى البحيرة الأولى بواسطة طلمبات رافعة لتقليل تركيز تصاعد الغازات الناتجة من التحلل اللاهوائى فى البحيرة الأولى — لهذا فإنه لا ينصح غالباً باتباع هذا النوع من البحيرات.

٢ — بحيرات مهواة تهوية طبيعية — وهذه تسود فيها البكتيريا الهوائية وتنشط فى أكسدتها العضوية . ولذلك فان لا ضرر من تصاعد الغازات المنفرة منها — إلا أن تكاليفها الانشائية كبيرة نظراً لكبر حجمها .

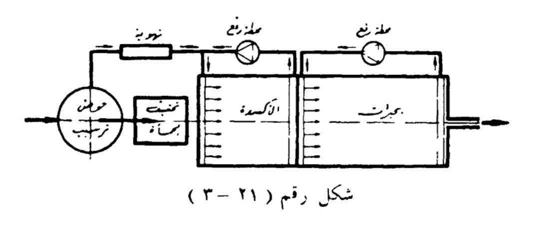
٣ — بحيرات مهواة تهوية صناعية (aerated ponds) وأحجام هذه البحيرات أصغر من البحيرات المهواة طبيعياً — وفيها تتم التهوية عن طريق قلابات ميكانيكية تقوم بأحداث اضطرابات فى سطح الماء فى البحيرة مما يساعد على امتصاصه للأكسوجين الحوى كما يساعد على مزج طبقات

الماء بالبحيرة مع بعضها مما يساعد على انتظام انتشار الأكسوجين والمواد العضوية بكامل عمق البحيرة مما يزيد من نشاط البكتريا الهوائية .

وتتميز هذه البحيرات بصغرها حجماً . وبانتشار البيئة الهوائية بكامل عمقها ومن ثم عدم احتمال تصاعد الروائح المنفرة منها – إلا أنها تحتاج لاشراف فنى دقيق لتشغيلها .

ويفضل عند استعمال نوعى بحيرات الأكسدة الهوائية أن يسبقها أحواض ترسيب ابتدائية لحجز أكبر كمية من المواد العالقة التى تزال على فترات للتخلص منها بعد تخميرها ثم تجفيفها أو تجفيفها فقط .

كما يحسن فى بعض الأحيان اعادة المخلفات السائلة من مخرج بحيرات الأكسدة إلى مدخلها وذلك لتحسين حالة البحيرات وما فيها من مخلفات . كذلك تبنى أحيانا أحواض تهوية قبل بحيرات الأكسدة وذلك لتحسين حالة المخلفات السائلة وازالة ما بها من غازات منفرة ناتجة من أى تحلل لا هوائى (شكل ٢١ – ٣) .



شكل رقم (٢١ – ٣)

وتسمى أحياناً البحيرات من النوع الأول : بحيرات تثبيت لا هوائية وهوائية (Anaerabic ponds followed by Aerabic ponds)

وتسمى البحيرات من النوع الثانى بحيرات تثبيت هوائية (aerabic ponds) بينما تسمى البحيرات من النوع الثالث : بحيرات الأكسدة المهـــواة (Aerated oxidation ponds)

أسس التصميم :

أ — البحيرات التثبيت الهوائية : تتوقف كفاءة هذه البحيرات على عدة عوامل : أشعة الشمس ومدى تواجدها وقوتها على مدار السنة . درجة الحرارة . سرعة الرياح . معدل تساقط الأمطار . معدل التبخر . احتمال تلوث المياه الجوفية . طريقة صرف المخلفات السائلة بعد علاجها فى هذه البحيرات . وزمن المكث فى هذه البحيرات .

وتعطى المعادلة الاقتراحية الآتية العلاقة بين هذه المتغيرات بالنسبة لبحيرات التثبيت الهوائية :

$$T = \frac{h\,L\,T^{(35 - t}}{177\,E\,S}$$

حيث T زمن المكث فى البحيرات باليوم .

H = عمق البحيرة بالسنتيمتر .

L = الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة مقدراً بالجزء فى المليون .

T = معامل درجة الحرارة ويساوى ١٫٠٧

t = درجة الحرارة بالمقياس المئوى .

E - كفاءة تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيمائية = ٤٪ .

S الطاقة الضوئية التى تصل إلى السنتيمتر المربع من سطح

البحيرة — مقدرة بالسعر (Calories) وتتراوح بين ٢٥٠ فى الشتاء . ٦٠٠ فى الصيف .

مثـال : المطلوب إيجاد مدة المكث اللازمة لبحيرات التثبيت الهوائية اللازمة لمعالجة المخلفات السائلة إذا علم :

الأكسوجين الحيوى للمخلفات = ٣٠٠ جزء/مليون

قيمة S فى المعادلة السابقـة = ٤٠٠

درجة الحرارة ٢٥°

عمق البحيرة = ٩٠ سم

الحـل : بتطبيق المعادلة السابقة

$$T = \frac{H\,L\,T^{(35 - t)}}{177\ E\,S}$$

$$\therefore\ T = \frac{90 \times 300 \quad 1.07^{\ 35 - 25}}{177 \times 0.04 \times 400} = 20\ \text{days}$$

معدل التحميل العضوى :

ولما كان العمل الرئيسى لبحيرات الأكسدة (بحيرات التثبيت الهوائية) يتم عن طريق امتصاص الأكسوجين الحيوى خلال سطحها المائى ثم استغلال هذا الأكسوجين عن طريق نشاط البكتريا الهوائية فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية . فإنه من البديهى أن يقدر الحمل العضوى بكمية الأكسوجين الحيوى لوحدة المساحة والتفاوت كبير بين معدل التحميل العضوى الذى تنص عليه المواصفات المختلفة إلا أنه يمكن اتباع معدل تحميل عضوى لا يزيد عن ٢٠٠ كيلوجرام أكسوجين حيوى/هكتار/يوم ومدة المكث حوالى ٢٠ يوماً مع عمق البحيرة لا يزيد عن متر مربع .

ب - خيرات الأكسدة المهواة :

تتوقف كفاءة هذا النوع من البحيرات بالاضافة إلى العوامل التى ذكره فى خيرات التثبيت الهوائية على طريقة التهوية والتقليب ومدى امكان الاعتماد عليه و نجاحه .

وتنص المواصفات على الآتى :

معدل التحميل العضوى : لا يزيد عن ٢٠٠٠ كيلوجرام أكسوجين حيوى/هكتار/يوم

مدة المكث : حوالى ثلاثة أيام

العمـــق : لا يزيد عن ٢½ متر

ويفضل أن يعقب كل من النوعين أعلاه بحيرة أخرى نطلق عليها (polishing pond) الغرض منها تحسين حالة المياه قبل صبها نهائياً فى موقع التخلص وكذلك مقابلة الزيادات الطارئة فى الحمل العضوى على البحيرات الأصلية .

مثال : المطلوب تصميم بحيرات التثبيت الهوائية وبحيرات الأكسدة المهواة إذا علم أن التصرف اليومى هو ٩٦٠٠ متر مكعب/اليوم وأن الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الخام هو ٣٨٥ جزء فى المليون - وأنه يسبق البحيرات أحواض ترسيب ابتدائية .

الحـل : الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب الابتدائى يساوى ⅔ الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة الخام وبذلك يساوى ٢٥٠ جزء فى المليون .

∴ اجمالى الأكسوجين الحيوى بعد الترسيب

$$= \frac{٩٦٠٠ \times ٢٥٠}{١٠٠٠٠٠٠} = ٢.٤٠٠ \text{ طن/يوم}$$

= ٢٤٠٠. كيلوجرام/يوم

أ — خبرات التثبيت الهوائية :

زمن المكث = ٢٠ يوم

.·. حجم البحيرة = ٩٦٠٠ × ٢٠ = ١٩٢٠٠٠ متر٣

العمــــق = ١.٢٠ متر

.·. المساحة السطحية = ١٩٢٠٠٠ ÷ ١٦٠٠٠٠ متر٢

= ١٦.ـــ هكتار

$$\therefore \text{معدل التحميل العضوى} = \frac{٢٤٠٠}{١٦} = ١٥٠ \text{ كيلوجرام/هكتار}$$

وهو أقل من المسموح به .

وبديهى أن المساحة — ١٦ هكتار ستقسم إلى أحواض تعمل على التوالى وتتوقف مساحة كل حوض على الظروف المحلية على ألا تقل عن ثلاثة هكتار

ب — خبرات الأكسدة المهوة :

زمن المكث = ٣ أيام

.·. حجم البحيرة = ٩٦٠٠ × ٣ = ٢٨٨٠٠ متر٣

العمــق = ٢.٠٠ متر

$$\therefore \text{المساحة السطحية} = \frac{٢٨٨٠٠}{٢.ـ} = ١٤٤٠٠ \text{ متر}^٢$$

= ١.٤ هكتار

$$\therefore \text{معدل التحميل العضوى} = \frac{٢٤٠٠}{١.٤} = ١٧٠٠ \text{ كيلوجرام/ هتار}$$

وهو أقل من مسموح به .

وتتميز معالجة المخلفات السائلة بواسطة بحيرات الأكسدة بالآتى :

١ — لا تحتاج إلى أشراف فنى عالى .

٢ — تستعمل فى معالجة المخلفات من تجمعات سكانية صغيرة نظراً للمساحات الكبيرة التى تتطلبها .

٤ — تتبع فى الأماكن التى يتوافر فيها هذه المساحات الكبيرة .

٤ — تنشأ البحيرات بجسور ترابية على أن تكسى بالدبش أو بلاطات خرسانية . كما أنه يمكن تثبيت هذه الجسور بالحشائش القصيرة مع اعطائها الميول الجانبية المناسبة (١ : ٢ — ١ : ٣) والاستغناء عن التكسية بالدبش أو البلاطات الخرسانية .

قنوات الاكسدة

Oxidation Ditches

تعتبر معالجة المخلفات السائلة بطريقة قنوات الأكسدة تطويراً لمعالجتها بطريقة الحمأة المنشطة المطولة (extended aeration) السابق ذكرها فى الباب العشرون — وفى هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة بتهويتها فى قنوات بواسطة فرشة دائرية من الصلب تقوم بعمل التقليب اللازم لمنع الترسيب فى القنوات . كما تقوم بعمل الاضطراب الكافى فى السطح ليشجع امتصاص الأكسوجين الجوى داخل المخلفات السائلة ومن ثم يحافظ على نشاط البكتيريا الهوائية التى تعمل على أكسدة المواد العضوية وتثبيتها .

طرق التشغيل وأسس التصميم :

تصمم قنوات الأكسدة وان اختلفت طرق تشغيلها على الأسس الآتية :

١ — مدة بقاء الخليط من المخلفات السائلة والحمأة المنشطة تتراوح من يوم إلى ثلاثة أيام .

٢ – تركيز المواد العالقة فى الخليط ٥٠٠٠ – ٦٠٠٠ جزء فى المليون

٣ – عمق القنوات من ٩٠ إلى ١٥٠ سم

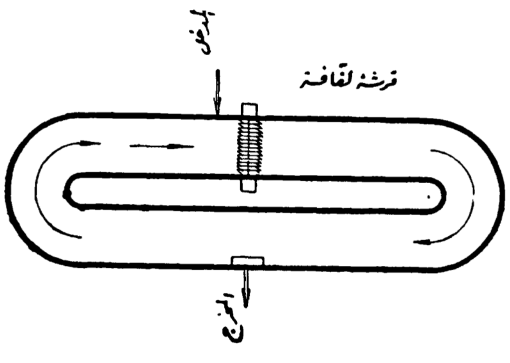
٤ – السرعة الأفقية للخليط حوالى ٣٠ سم/الثانية .

وهناك أكثر من طريقة للتشغيل :

١ – طريقة التشغيل المتقطعة (شكل ٢١ – ٤)

Intermittently aerated ditches

وفى هذه الطريقة تنساب المخلفات السائلة إلى القنوات باستمرار كما يستمر تشغيل الفرش حتى يصل المنسوب إلى ارتفاع معين وعندئذ يوقف تشغيل الفرش لفترة ساعة أو ساعتين تعمل خلالها القنوات كحوض ترسيب نهائى . ثم يسمح للمخلفات السائلة بالخروج من هدار علوى حتى ينخفض المنسوب لارتفاع معين فيعاد تشغيل الفرش بعد أن يكون قد تم سحب جزء من الحمأة التى رسبت فى قاع القنوات لتجفيفها قبل التخلص منها –



شكل رقم ٢١ – ٤

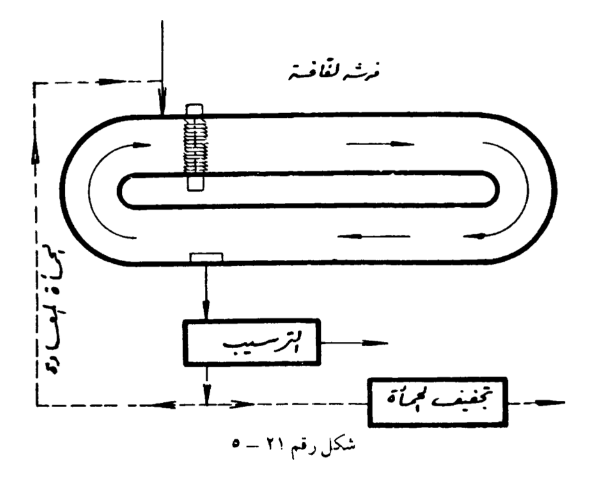
وفى هذه الطريقة يجب اعتبار جزء من عمق القنوات مخصصاً لترسيب الحمأة عند توقف تشغيل الفرش .

١ - طريقة التشغيل المستمرة (شكل ٢١ - ٥) :

(Continuously operated ditches)

وفى هذه الطريقة لا يوقف تشغيل الفرش لتعمل القنوات كحوض ترسيب بل تخرج المخلفات السائلة من القنوات إلى حوض ترسيب نهائى يتم فيه ترسيب الحمأة - التى يعاد جزء منها إلى القنوات ليختلط مع المخلفات السائلة عند التهوية . ويخرج الباقى من الحمأة لتجفيفها قبل التخلص منها .

وستعمل قنوات الأكسدة فى معالجة المخلفات من التجمعات السكنية الصغيرة وتتميز بعدم تصاعده أية روائح منفرة منها مما يمكن من انشائها بالقرب من هذه التجمعات السكنية دون ضرر ما .



شكل رقم ٢١ - ٥

الباب الثـانى والعشرون

اعمال التخلص من المخلفات السائلة

Sewage Disposal Works

ليس الغرض من هذه الأعمال هو مجرد التخلص من هذه المخلفات . إنما الغرض منها التخلص مع عدم الاضرار بالصحة العامة ومع عدم مضايقة أو إزعاج المواطنين بما قد ينتج عن هذه المخلفات من روائح نتيجة لتحلل ما فيها من مواد عضوية . أو من تشويه للأماكن العامة التى قد تصل إليها هذه المخلفات .

وطرق التخلص من هذه المخلفات سواء بعد المصافى — وهو ما يطلق عليه المخلفات السائلة الخام أو بعد المعالجة الابتدائية فقط أو بعد المعالجة النهائية هى : —

١ — التخلص من المخلفات السائلة بقذفها فى المسطحات المائية (الترع . المصارف . الأنهار . البحار . البحيرات) .

وهو ما يسمى التخلص بالتخفيف (Disposal by Dilution)

٢ — التخلص من المخلفات السائلة على مسطحات أرضية .

وهو ما يسمى للتخلص بالرى (Disposal by Irriggtion) .

التخلص بالتخفيف

أى التخلص بقذف المخلفات السائلة فى المسطحات المائية سواء كانت أنهارا أو فروعها أو بحيرات أو بحار .

ويتردد البعض فى استعمال هذه الطريقة خوفاً من حدوث أحد الاحتمالات الآتية :

١ — إنخفاض تركيز الأكسوجين الذائب فى ماء النهر نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية فى أكسدة ما تحويه المخلفات السائلة من مواد عضوية . إذ تأخذ البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية

ثابتة باستخدام الأكسيجين الذائب أصلا فى الماء وهذا الانخفاض فى تركيز الأكسوجين قد يصل إلى الدرجة التى تحد وتمنع نشاط الكائنات البحرية الحية من أسماك وخلافها مما قد يؤدى إلى موتها — بل قد يصل الخفض فى تركيز الأكسوجين إلى إستهلاك جميع الأكسوجين الذائب فى ماء البحيرة أو النهر مما يسبب تكاثر البكتريا اللاهوائية التى تسبب التحلل اللاهوائى للمواد العضوية وهو التحلل الذى ينتج عنه روائح كريهة .

وتبلغ درجة تشبع الماء بالأوكسوجين حوالى تسعة أجزاء فى الماء — ويتوقف ذلك على درجة حرارة الماء — إلا أن الماء فى الأنهار والبحيرات يحتوى عادة على ٧ — ٨.٥ جزء فى المليون أكسوجين ذائب . أما تركيز الأكسوجين الذائب فى الماء اللازم لحياة الأسماك فيتراوح من ٣.٥ — ٤ جزء فى المليون .

٢ — إحتواء المخلفات السائلة على مواد صلبة عالقة أو طافية تطفو على سطح الماء فى النهر أو البحر بشكل يؤذى النظر .

٣ — إحتواء المخلفات السائلة على مواد كيماوية سامة أو ضارة بالكائنات الحية فى النهر أو البحيرة .

٤ — إحتواء المخلفات السائلة على بكتيريا ضارة ومسببة للأمراض وهذه البكتريا تسبب انتشاراً للأمراض فى المواطنين إذا أسىء إستعمال مياه النهر أو البحيرة أو البحر الذى تصب فيه المخلفات السائلة .

٥ — احتمال وجود مواد مشعة تضر بالصحة العامة وتصل إلى الانسان إذا أساء استعمال المياه التى تصب فيها هذه المخلفات .

إلا أنه باستعمال الطرق العملية السليمة والنظريات العلمية الصحيحة يمكن للمسطحات المائية استيعاب كمية من المخلفات السائلة دون الاضرار بالغرض من استعمالات المسطحات المائية سواء كمصدر لمياه الشرب أو مكان للترفيه والسباحة . أو للملاحة . أو مصدر للثروة السمكية .

معامل التخفيف (Dilution Factor) :

وقد اتفق على أن هذا المعامل هو النسبة بين تصرف مياه النهر وتصرف المخلفات السائلة بحيث لا ينخفض الأكسوجين فى المزيج عن أربعة أجزاء فى المليون — وهو التركيز الذى يسمح بحياة الكائنات البحرية فى السطح المائى .

وبديهى أن هذا المعامل يتوقف على طبيعة ومحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز المواد العضوية بها وبذلك يتوقف على نوع المعالجة الذى مرت به قبل صبها فى المسطح المائى .

ويمكن إيجاد معامل التخفيف هذا من المعادلة : —

$$q\ L = Q\ (C_1 - C_2)$$

أو $\frac{Q}{q} = \frac{L}{C_1 - C_2} = F =$ معامل التخفيف

حيث : Q = تصرف النهر

C_1 = تركيز الأكسوجين فى ماء النهر (جزء فى المليون) قبل صب المخلفات = ٨.٥

C_2 = الحد الأدنى لتركيز الأكسوجين بعد صب المخلفات = ٤

q = تصرف المخلفات السائلة .

L = الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة .

وذلك بافتراض أن تركيز الأكسوجين فى المخلفات السائلة يساوى صفر .

فاذا كان الأكسوجين الحيوى للمخلفات السائلة هو :—

٣٠٠ جزء فى المليون (بعد المصافى مباشرة) .

١٨٠ جزء فى المليون (بعد أحواض المعالجة الابتدائية) .

٤٠ جزء فى المليون (بعد المعالجة النهائية) .

وكان تركيز الأكسوجين فى ماء النهر ٨,٥ جزء فى المليون — فان معامل التخفيف اللازم حتى لا يقل تركيز الأكسوجين فى الخليط عن أربعة جزء فى المليون هو كالآتى :

أ — فى حالة صب المخلفات بعد المصافى مباشرة :

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{٣٠٠}{٨.٥ - ٤} = \frac{٣٠٠}{٤.٥} = ٦٧$$

ب — فى حالة صب المخلفات السائلة بعد معالجتها معالجة ابتدائية :

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{١٨٠}{(٨.٥ - ٤)} = ٤٠$$

ج — فى حالة صب المخلفات السائلة بعد معالجتها معالجة نهائية :

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{٤٠}{(٨,٥ - ٤)} = ٩$$

وبذلك يمكن القول أنه إذا زاد معامل التخفيف عن ٧٠ فى حالة المخلفات السائلة الخام . عن ٤٠ فى حالة المخلفات السائلة المعالجة ابتدائياً . عن عشرة فى حالة المخلفات السائلة المعالجة معالجة كاملة — فاننا لا نتوقع أى مضايقات أو أضرار نتيجة لخفض تركيز الأكسوجين عن الحد المقرر فى المسطحات المائية .

التنقية الذاتية للمجارى المائية

تتميز المجارى المائية بالقوى الذاتية الكامنة فيها والقادرة على تحليل المواد العضوية إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحلل — نتيجة لاحتواء الماء فيها على تركيز عالى من الأوكسوجين الذائب الذى يكاد يصل إلى درجة التشبع .

وعند صرف المخلفات السائلة فى المجارى المائية تنشط البكتريا وتستخدم هذا الأوكسوجين الذائب فى تحليل وتثبيت المواد العضوية مما يؤدى إلى نقص تركيز الأوكسوجين فى الماء لفترة من الزمن ولكنه يعود ويزداد إذ يعوض تدريجياً بالأكسوجين الذى يمتصه الماء من الجو ومن النباتات الموجودة بالمجرى المائى مما يؤدى إلى عودة المجرى المائى لحالته الطبيعية وعودة الأكسوجين الذائب فيه إلى تركيزه الطبيعى — هذه الظاهرة هى ما تسمى بالتنقية الذاتية للمسطحات المائية (Self Purification) .

العوامل المؤدية إلى التنقية الذاتية

تنقسم هذه العوامل إلى :

عوامل طبيعية — عوامل كيمائية — عوامل بيولوجية .

ا — العوامل الطبيعية Physical Factors

١ — المزج أو التخفيف (Mixing or Dilution)

إذ فى امتزاج المخلفات السائلة بالماء الموجود فى النهر انتشاراً لما فيها من مواد عالقة وبكتريا فى حجم أكبر وبالتبعية خفض لدرجة تركيزها وبالتالى خفض لما قد تسببه من أضرار .

٢ — الترسيب (Settling) :

إذ يرسب فى قاع النهر أو البحيرة المواد العالقة التى لا يقوى التيار على حملها بعيداً — هذه المواد العالقة عند رسوبها يلتصق بسطحها ويهبط معها أعداد كبيرة من البكتريا والكائنات الحية الدقيقة حيث لاتجد البيئة الصالحة لنموها وتكاثرها فى القاع .

٣ - الضوء وأشعة الشمس (Light & sunshine) :

إذ أن للضوء و أشعة الشمس قوة قتل البكتيريا (Bactericidal) لما تحتويه من أشعة فوق البنفسجية - إلا أن هذه الأشعة لا تخترق المسطح المائى إلى أعماق كبيرة خاصة إذا كانت المياه عكره ، كما أنها غير ثابته التركيز فهى تقل فى الأيام الغير مشمسة وتنعدم فى الليل ، كما أن الغبار والرطوبة فى الجو تحد من فاعليتها .

ب - **العوامل الكيميائية** Chemical Factor

١ - الأكسدة (Oxdation) :

وهذا هو العامل الرئيسى فى التنقية الذاتية . إذ تتميز المجارى المائية لما تحتويه من بكتيريا هوائية . بقدرتها على تحليل المواد العضوية وأكسدتها إلى مواد ثابتة غير قابلة للتحليل مستخدمة فى ذلك الأكسوجين الذائب أصلا فى مياه النهر .

كما تتميز المسطحات المائية بامكانها إمتصاص الأكسوجين من الهواء كلما نقص تركيز الأكسوجين فيها عن درجة التشبع . ولذلك فان الأكسوجين المستهلك فى عملية أكسدة المواد العضوية يعوض جزئياً بالأكسوجين الذى يمتصه الماء من الهـــواء - كما يعوض جزئياً أيضاً بالأكسوجين الذى يتصاعد من النباتات المائية . فى المجرى المائى أثناء عملية التمثيل الكلوروفيلى .

وبذلك يمكن تقسيم مصدر تعويض الأكسوجين المستهلك فى عملية الأكسدة إلى :

- الأكسوجين الممتص من الهواء :

وكميته تتناسب طردياً مع نقص درجة التركيز عن درجة التشبع ،

وكذلك تتزايد فى المجارى المائية السريعة الجريان على المجارى المائية البطيئة الجريان أو الراكدة نسبياً مثل البحيرات .

— الأكسوجين الناتج من عمليات التمثيل الكلوروفيلى :

وكميته تتأثر بكمية النباتات الموجودة فى المجرى المائى وبقوة الضوء فهى تزيد فى الأيام المشمسة وتقل مع ضعف الضوء وتنعدم فى المساء .

٢ — التروبب (Coagulation) :

نظراً لما قد تحويه المخلفات السائلة من مواد كيماوية ضمن المخلفات الصناعية المختلفة . فان بعض هذه الكيماويات قد تتفاعل مع بعضها مسببه تكوين ندف هلامية سهلة الترسيب فى المسطحات المائية .

٣ — السميات (Poison) :

قد تحتوى المخلفات الصناعية على بعض الكيماويات السامة للكائنات الحية الدقيقة بما فيها من بكتريا هوائية ، مما يتعارض مع استكمال عملية التنقية الذاتية .

ج — عوامل بيولوجية (Biological factors) :

١ — البكتريا (Bacteria) :

والمصدر الرئيسى للبكتريا فى ماء الأنهار والبحار هو ما تتساقط عليها من الهواء وما تجرفه مياه الأمطار من على سطح الأرض إلى الأنهار والبحار أثناء موسم الأمطار وكذلك المخلفات السائلة التى تصب فى النهر أو البحر .

والبكتريا الهوائية كما سبق ذكره هى العامل الرئيسى فى استكمال عملية الأكسدة ، ولذلك فهى ضرورية لاستكمال عملية التنقية الذاتية .

أما البكتيريا المعوية فتأخذ فى التناقص العددى بسرعة إذا ما خرجت من جسم الانسان إذ أنه البيئة الصالحة لنموها وتكاثرها — ولذلك نجد أنها تأخذ فى الموت بسرعة إذا خرجت منه وقذفت ضمن المخلفات السائلة الأخرى فى المسطحات المائية — وقد دلت بعض الدراسات على أن البكتيريا الضارة (Pathogenic bacteria) تموت بمعدل ٢٠ — ٤٠ ٪ فى اليوم بعد وصولها إلى المجارى المائية .

٢ — الكائنات الحية الدقيقة (Micro organisms) :

هذه تشمل مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة النباتية أو الحيوانية التى تسبح حرة فى الماء — وتتغذى الكائنات النباتية على المواد الكيمائية البسيطة المذابة فى الماء والناتجة عن نشاط البكتيريا — بينما تتغذى الكائنات الحيوانية على المواد العضوية مباشرة — وفى نفس الوقت تتغذى كائنات أكبر حجماً على هذه الكائنات الصغيرة .

كل هذه العوامل تؤدى إلى تغير فى حالة المجرى المائى من مجرى ملوث يحتوى على مواد عضوية متحللة إلى مجرى طبيعى يحتوى على مواد غير عضوية وغير قابلة للتحلل .

ولما كان الأكسوجين هو العامل الأساسى فى عملية الأكسدة التى هى بدورها العامل الرئيسى فى التنقية الذاتية للمجارى المائية . فان درجة تركيز الأكسوجين على مسار المجرى المائى تؤخذ كمقياس للدرجة التى وصلت إليها التنقية الذاتية للنهر . وبذلك يمكن تقسيم المنطقة من النهر الذى تتم فيه عملية التنقية الذاتية إلى أربعة أجزاء :

١ — **منطقة الهبوط** Degradation Zone :

وهى تبتدى بعد نقطة صب المخلفات مباشرة وتتميز بازدياد عكارة الماء فيها — وكذلك بهبوط الأكسوجين فيها نظراً لازدياد معدل استهلاك البكتيريا للأكسوجين فى أكسدة المواد العضوية عن معدل تعويض هذا الأكسوجين المستهلك بالامتصاص من الهواء أو من الأكسوجين الناتج من التمثيل الكلوروفيلى .

وتمتد هذه المنطقة حتى الموقع الذى يصل فيه تركيز الأكسوجين الذائب إلى ٤٠ ٪ من درجة تشبع الأكسوجين فى الماء .

٢ — **منطقة التحلل** Decomposition Zone :

وهذه تبتدى بنهاية منطقة الهبوط وتمتد حتى يصل تركيز الأكسوجين إلى أدنى درجة التى يأخذ بعدها الأكسوجين الذائب فى الإزدياد نتيجة لإزدياد معدل امتصاص الماء للأكسوجين من الهواء عن معدل استهلاك البكتيريا للأكسوجين فى أكسدة المواد العضوية وذلك بسبب نقص كميات المواد العضوية .

وتمتد منطقة التحلل حتى النقطة التى يعود فيها تركيز الأكسوجين الذائب إلى ٤٠٪ من درجة تشبع الأكسوجين فى الماء .

وفى هذه المنطقة تكون المياه مائلة إلى اللون الرمادى (grayish) ويتصاعد منها الغازات ذات الروائح وتتواجد الرواسب (Sludge banks) على جوانبها .

وليس من الضرورى أن تتواجد هذه المنطقة فى جميع الأنهار التى يصب فيها المخلفات السائلة إذ أن من المحتمل أن تتم أكسدة المواد العضوية دون هبوط الأكسوجين الذائب حتى ٤٠ ٪ من درجة تشبه الماء به — بل فى

الحقيقة أن هذه الحالة المفضلة بل الواجب أن نعمل على أن تتواجد فى المجرى المائى محافظة منا على الكائنات الحية النامية فى النهر والتى تحتاج للأكسوجين فى نشاطها وحياتها .

وعلى العكس من ذلك إذا زادت المواد العضوية فى المخلفات السائلة للدرجة التى تستهلك جميع الأكسوجين الذائب فى ماء المسطح المائى — فان حالة التحلل اللاهوائى تسود هذا الجزء من النهر وتنعدم فيه جميع مظاهر الحياة المائية وتتصاعد منه الروائح الكريهة المنفرة .

٣ — **منطقة التحسن** Recovery Zone :

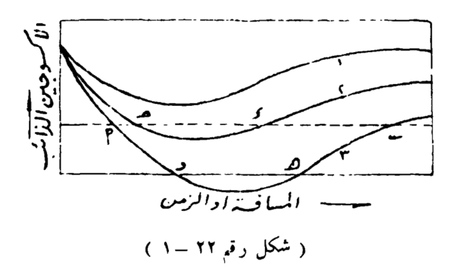
وهى تبتدى عند انتهاء المنطقة السابقة أى عند النقطة التى تكون فيها المياه فى النهر قد امتصت من الأكسوجين ما يعيد درجة تركيزه إلى ٤٠٪ من درجة تشبع الماء به — وتتميز هذه المنطقة بالمياه الرائقة نسبياً وعدم وجود رواسب على جوانب النهر وبداية تكاثر الكائنات الحية المائية .

٣ — **منطقة المياه الرائقة** Clear Water Zone :

والمياه فى هذه المنطقة تظهر رائقة جذابة كما لو أنه لم يضف إليها أى مخلفات .

منحنى ترخيم الأكسوجين (Oxygen Sag Curve) :

ويمكن تصوير المناطق الأربعة المذكورة أعلاه برسم منحنى يبين درجة تركيز الأكسوجين فى أماكن مختلفة على طول النهر وموقع هذه الأماكن بالنسبة لنقطة مصب المخلفات السائلة . فنجد أن هذا المنحنى يوضح هبوط تدريجى فى تركيز الأكسوجين ثم ارتفاع تدريجى فى تركيز الأكسوجين — وهو ما دعى إلى تسميته بمنحنى ترخيم الأكسوجين (شكل ٢١ — ١) وفى هذا الشكل ثلاثة منحنيات :



(شكل رقم ٢٢ — ١)

المنحنى ١ : لا ينخفض تركيز الاكسوجين الذائب عن ٤٠٪ من درجة التشبع وهو الحالة المفضلة حفظا للثروة المائية.

المنحنى ٢ : من هـ إلى د منطقة التحلل وفيها يقل الاكسوجين الذائب عن ٤٠٪ من درجة التشبع .

المنحنى ٣ : من أ إلى ب منطقة التحلل .

: من هـ إلى و منطقة تحلل لا هوائى

ينعدم فيها الاكسوجين وكذلك مظاهر الحياة المائية .

وهذا المنحنى يمكن رسمه عملياً بأخذ عينات من ماء النهر على طول المجرى ثم توقيع نتائج فحص هذه العينات بالنسبة لتركيز الأكسوجين على المحور الرأسى . وموقع أخذ العينات أى المسافة بين موقع أخذ العينة ونقطة مصب المخلفات السائلة على المحور الأفقى .

كما يمكن رسم هذا المنحنى بمعادلات رياضية تربط بين المتغيرات المختلفة ، اذ هو فى الحقيقة تجميع : —

المنحنى الأول ويبين معدل استهلاك الأكسوجين ومعادلاته كما سبق بيانها فى الباب السابع عشر والمنحنى الثانى ويبن معدل تجديد الأكسوجين

بالمجرى المائى نتيجة لامتصاص المياه للأكسوجين الجوى . ومعادلة هذا المنحنى :

$$D_t = D_a \times 10^{-k't}$$

$$K'_T = K'_{20} \left[1.02^{(T + 20)} \right]$$

حيث D_t = النقص فى تركيز الأكسوجين بعد زمن قدره t يوم من صب المخلفات السائلة فى المجرى المائى .

D_a = النقص الأصلى فى تركيز الأكسوجين فى خليط الماء المستقبل للمخلفات السائلة أى عند زمن t = صفر وكل من D_t ، D_1 تقدر بالجزء فى المليون .

K' = ثابت تجديد الأكسوجين reoxygenation constant وتتوقف قيمته على درجة الحرارة . عمق المياه . سرعتها درجة اضطرابها فى المجرى المائى المستقبل .

t = الزمن مقدراً بالأيام .

K'_{20} = قيمة الثابت K' عند درجة حرارة ٢٠° مئوية وتساوى : ٠.٥ للمجارى المائية الكبيرة السريعة . ٠.١٥ — ٠.٢ للمجارى المائية البطيئة ، ٠.٠٥ للبحيرات الراكدة .

K'_T = قيمة الثابت K' عند درجة حرارة T° مئوية .

ولقد أدمج ستريتر (Streeter) المعادلتين للمنحنيين فى معادلة واحدة كالآتى :

$$D_t = \frac{KL_a}{K'-K}\left(10^{-kt} - 10^{-k't}\right) + D_a\, 10^{-k't}$$

حيث

D_t = النقص فى تركيز الأكسوجين بعد مرور زمن قدره يوم مقدراً بالجزء فى المليون .

L_a = الأكسوجين الحيوى المستهلك فى نهاية المرحلة الأولى (راجع ص ٦٢٤ ، ٦٢٥)

D_a = النقص الأصلى فى تركيز الأكسوجين فى خليط المخلفات السائلة والماء المستقبل لها . مقدراً بالجزء فى المليون أى عند زمن = صفر

K = ثابت استهلاك الأكسوجين .

K' = ثابت تجديد الأكسوجين .

وقد سبق تحديد قيمة كل من الثابتين K ، K' .

كما يمكن تحديد الزمن الذى يصل عنده تركيز الأكسوجين فى الماء لأقل ما يمكن - وهو ما يسمى بالزمن الحرج (Critical Time) من المعادلة :

$$t_c = \frac{1}{K_1 \ (f-1)} \log f \left[1 - (f-1) \frac{D_a}{L_a} \right]$$

حيث $f = \frac{K'}{K}$ ويسمى معامل التنقية الذاتية

t_c الزمن الحرج .

أما باقى الرموز فهى كما فى المعادلات السابقة . كما أن أكبر نقص فى تركيز الأكسوجين فى المجرى المائى — وهو الذى يحدث عند الزمن

الخرج — فيمكن تقديره من المعادلة :

$$D_c = \frac{L_a}{f} 10^{-Kt_c}$$

وتختلف قيمة « f » باختلاف حالة المجرى المائى ويقترح فاير Fair القيم الآتية لها :

المجرى المائى	قيمة « f » معامل التنقية الذاتية
بركة صغيرة	٠.٥ —> ١.٠
بركة كبيرة أو مجرى صغير	١.٠ —> ١.٥
مجرى كبير ذو سرعة صغيرة	١.٥ —> ٢.٠
مجرى كبير ذو سرعة متوسطة	٢.٠٠ —> ٥.٠٠
مجرى كبير ذو سرعة كبيرة	أكبر من ٥.٠

مثـــال (١) :

مدينة تصرف مخلفاتها السائلة فى النهر المجاور لها — فاذا كان متوسط التصرف لهذه المخلفات هو ٣٨٠٠٠ متر٣/يوم (٠.٤٤٥ متر٣/الثانية) . وكان تصرف النهر هو ٨٥٠٠٠٠ متر٣/يوم — المطلوب رسم منحنى ترخيم الأكسوجين إذا أعطيت البيانات الآتية :

الأكسوجين الحيوى للمخلفات = ٢٥٠ جزء فى المليون

— درجة حرارة المخلفات = ٢٤° مئوية

— درجة حرارة مياه النهر = ٢١° مئوية

— الأكسوجين الذائب فى المخلفات = ٤.٢٥ جزء فى المليون

— الأكسوجين الذائب فى مياه النهر = ٦.٣٠ جزء فى المليون

– الأكسوجين الحيوى لمياه النهر = ٢٠ جزء فى المليون

– ثابت استهلاك الأكسوجين K = ٠.١ (عند درجة حرارة ٢٠°)

– ثابت تجديد الأكسوجين K' = ٠.٢ (عند درجة حرارة ٢٠°)

الحـل : درجة حرارة الخليط =

$$\frac{٢١ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٢٤ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠٠ + ٣٨٠٠٠} = ٢١.٢^{\circ}$$

الأكسوجين الذائب فى الخليط =

$$\frac{٦٣ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٤.٢٥ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠ + ٣٨٠٠٠} = ٦.٢٠$$ جزء/مليون

وبذلك تكون قيمة D_a فى معادلة ستريتر السابقة تساوى درجة تشبع الأكسوجين فى الماء عند درجة حرارة ٢١.٢° مئوية (وتساوى ٩ جزء فى المليون) مطروحا منها درجة التركيز الفعلية للأكسوجين فى الخليط – أى أن :–

$$Da = 9 - 6.2 = 2.8 \text{ ppm}$$

الأكسوجين الحيوى للخليط (خمسة أيام – ٢٠°) =

$$\frac{٢٠ \times ٨٥٠٠٠٠ + ٢٥٠ \times ٣٨٠٠٠}{٨٥٠٠٠ + ٣٨٠٠٠} = ٢٩.٧$$ جزء/مليون

من المعادلة (١) (الباب السابع عشر)

$$\frac{L - X}{L} = 10^{-Kt}$$

$$\frac{L - 29.7}{L} = 10^{-0.1 \times 5}$$

$$\therefore L = 43.6 \text{ ppm}$$

أى أن الأكسوجين الحيوى للخليط فى نهاية المرحلة الأولى للتحلل عند درجة حرارة ٢٠° مئوية يساوى ٤٣.٦ جزء/المليون .

$$L_T = L_{20} [1 + 0.02 (T - 20)]$$

$$L_{21.2} = 43.6 [1 + 0.02 (21.2 - 20)] = 44.6 \text{ ppm}$$

أى أن الأكسوجين الحيوى للخليط فى نهاية المرحلة الأولى للتحلل عند درجة حرارة ٢١.٢° مئوية يساوى ٤٣.٦ جزء/المليون .

$$K_T = K_{20} \times 1.047^{(T-20)}$$

$$\therefore K_{21.2} = 0.1 \times 1.047^{(21.2-20)} = 0.106$$

أى أن ثابت استهلاك الأكسوجين عند ٢١.٢° مئوية = ٠.١٠٦

$$K'_T = K'_{20} \times 1.02^{(T-20)}$$

$$\therefore K'_{21.2} = 0.2 \times 1.02^{(21.2-20)} = 0.204$$

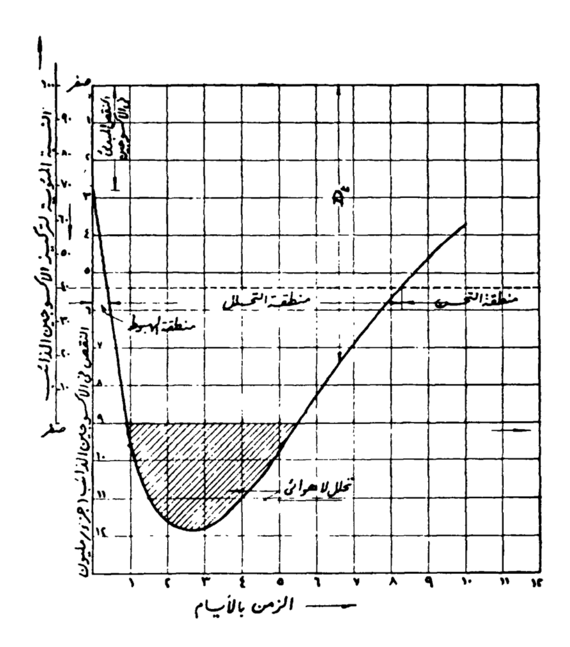
أى أن ثابت تجديد الأكسوجين عند ٢١.٢° مئوية = ٠.٢٠٤

وبتطبيق معادلة ستريتر السابقة :

$$D_t = \frac{KL}{K'-K} (10^{-Kt} - 10^{-K't}) + D_a \times 10^{-K't}$$

نجد أن كل من الرموز D_a ، K ، K' ، L معلومة . وبذلك تعوض بقيم مختلفة للمتغير t (الزمن) فنحصل على القيم المناظرة للحد D_t أى للنقص فى تركيز الأكسوجين فى ماء النهر بعد صب المخلفات السائلة عن حد التشبع . والجدول رقم (٢١ — ١) يعطى طريقة مبسطة للتعويض فى المعادلة السابقة — ومنه يمكن رسم المنحنى كما فى الشكل رقم (٢٢ — ٢) :

الزمن t بيوم	$\frac{K\,L}{K-K}$	K_1^t	10^{-Kt}	K_2^t	$10^{-K't}$	$10^{-Kt} - 10^{-K't}$	$D \times 10^{-K't}$	$\frac{K\,L}{K'-K}(10^{-Kt} - 10^{-K't})$	D_t
١	٤٧.٢٥	٠.١٠٦	٠.٧٩٢	٠.٢٠٤	٠.٦٢٥	٠.١٦٧	١.٧٥	٧.٩	٩.٦٥
٢	٤٧.٢٥	٠.٢١٢	٠.٦١٢	٠.٤٠٨	٠.٣٩١	٠.٢٢٢	١.١٠	١٠.٥٠	١١.٦٠
٣	٤٧.٢٥	٠.٣١٨	٠.٤٨٠	٠.٦١٢	٠.٢٤٤	٠.٢٣٦	٠.٦٨	١١.١٥	١١.٨٣
٤	٤٧.٢٥	٠.٤٢٤	٠.٣٧٦	٠.٨١٦	٠.١٥٣	٠.٢٢٣	٠.٤٣	١٠.٥٥	١٠.٩٨
٥	٤٧.٢٥	٠.٥٣٠	٠.٢٩٥	١.٠٢٠	٠.٠٩٥	٠.٢٠٠	٠.٢٧	٩.٤٧	٩.٧٤
٦	٤٧.٢٥	٠.٦٣٦	٠.٢٣١	١.٢٢٤	٠.٠٦٠	٠.١٧١	٠.١٧	٨.٠٨	٨.٢٥
٧	٤٧.٢٥	٠.٧٤٢	٠.١٦١	١.٤٢٨	٠.٠٣١	٠.١٤٤	٠.١٠	٦.٨٢	٦.٩٢
٨	٤٧.٢٥	٠.٨٤٨	٠.١٤٢	١.٦٣٢	٠.٠٢٣	٠.١١٩	٠.٠٦	٥.٦٣	٥.٦٩
٩	٤٧.٢٥	٠.٩٥٤	٠.١١١	١.٨٣٦	٠.٠١٥	٠.٠٩٦	٠.٠٤	٤.٥٥	٤.٥٥
١٠	٤٧.٢٥	١.٠٦٠	٠.٠٨٧	٢.٠٤٠	٠.٠٠٩	٠.٠٧٨	٠.٠٢	٣.٦٩	٣.٧٢


صفر
النسبة المئوية لتركيز الاكسوجين الذائب
النقص في الاكسوجين الذائب (جزء/مليون)
منطقة الهبوط
منطقة التحلل
منطقة التحسن
تحلل لاهوائي
الزمن بالأيام

(شكل رقم ٢٢ – ٢)

مثـــال (٢) :

فى المثال السابق إذا كانت سرعة المياه فى النهر هى كيلومتر فى الساعة فأوجد بعد بداية ونهاية منطقة التحلل عن نقطة مصب المخلفات السائلة فى النهر .

الحـــل : من المنحنى (شكل ٢٢ – ٢) نجد أن درجة تركيز الأكسوجين فى ماء النهر تنخفض ليصل إلى ٤٠ ٪ من تشبع الأكسوجين فى الماء بعد ثمانية ساعات تقريباً .

منطقة التحلل تبتدى بعد : ٨ × ١٠٠٠ = ٨ كيلومتر

كذلك من المنحنى نجد أن درجة تركيز الأكسوجين فى الماء تأخذ فى الارتفاع ثانية لتصل إلى ٤٠٪ من تشبع الأكسوجين فى الماء بعد ٨.٣ يوم

... منطقة التحلل تنتهى بعد ٨.٣ × ٢٤ × ١ = ٢٠٠ كيلومتر .

وفى جمهورية مصر العربية يمنع منعاً باتاً (حتى الآن) صب أى مخلفات سائلة تحتوى مخلفات منزلية سواء قبل المعالجة أو بعد المعالجة النهائية فى نهر النيل أو الترع والرياحات المتفرعة منه – إلا أنه تسمح بصب هذه المخلفات فى المصارف العمومية المستعملة لصرف مياه الرى إذا توافرت الشروط الآتية حسب القرار الجمهورى رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ .

(ا) المخلفات الصناعية (Industrial Wastes) من المحال التجارية أو

الصناعية فقط :

١ – الأكسوجين الحيوى (B.O.D.) :

لا يزيد عن ٦٠ جزء فى المليون .

٢ - الأكسوجين الكيمائى الممتص (C.O.D.) :
لا يزيد عن ٤٠ جزء فى المليون .

٣ - لا تزيد المواد العالقة عن ٨٠ جزء فى المليون .

٤ - لا يقل الأس الهيدروجينى (pH) عن ٦ ولا يزيد عن ٩ .

٥ - لا تزيد الكبريتيدات مقدرة على أساس كب عن جزء واحد فى المليون .

٦ - لا تزيد السيانيدات عن ٠.١ جزء فى المليون .

٧ - لا تزيد الشحوم والزيوت عن ١٠.٠ جزء فى المليون .

٨ - لا يزيد الفينول عن ٠.١ جزء فى المليون

٩ - لا يزيد الكلور عن ١.٠ جزء فى المليون .

١٠ - لا تزيد عناصر الكروم والزرنيخ والفضة والنحاس والكادميوم . والزئبق والباريوم والسيلينيوم والرصاص والنيكل . منفردة أو مجتمعة عن ١.٠ جزء فى المليون .

١١ - لا تزيد المواد الذائبة عن ٥٠٠٠ جزء فى المليون .

١٢ - لا تزيد درجة الحرارة عن ٣٥° مئوية .

١٣ - لا تزيد المواد الملونة مقدرة على أساس الشفافية بعد الترسيب . لمدة ساعة عن ١٠.٠ سم .

١٤ - لا تحتوى مبيدات حشرية أو مواد مشعة .

(ب) المخلفات السائلة المجمعة من المصادر المختلفة (sewage) :

١ - لا يزيد الأكسوجين الحيوى الممتص عن ٤٠ جزء فى المليون .

٢ - لا يزيد الأكسوجين الكيماوى الممتص عن ٣٠ جزء فى المليون .

٣ - لا تزيد المواد العالقة عن ٥٠ جزء فى المليون .

كما يجب معالجة هذه المخلفات السائلة قبل صرفها بالكلور لتطهيرها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بها بعد عشرين دقيقة من الاضافة عن نصف جزء فى المليون .

كما يجوز صرف المخلفات السائلة أيا كانت نوعها فى البحار أو البحيرات بشرط ألا تؤثر تأثيراً ضاراً بشواطىء الاستحمام أو بالمنشآت البحرية أو منابت المحار أو الاسفنج أو الأسماك أو الكائنات التى تعيش بتلك البيئة الطبيعية .

إلا أنه يؤخذ على هذا القانون أنه يتطلب معايير خاصة للمخلفات الصناعية تختلف عما يتطلبه فى المخلفات المحتوية على مخلفات منزلية رغم أن جميع المخلفات صناعية كانت أو منزلية يتم تجميعها فى شبكة صرف واحدة ـ كما أن المعايير التى يتطلبها القانون لا تتقيد بحالة المجرى المائى المستقبل للمخلفات ومدى صلاحيته من ناحية كمية المياه الجارية فيه أو حالتها وتركيز الأكسوجين فيها أو احتمالات استعمالاتها بعد صرف المخلفات السائلة فيها .

ويشترط نفس القرار الجمهورى توافر المواصفات الآتية فى المخلفات الصناعية من المحال التجارية أو الصناعية قبل صبها فى شبكات الصرف الصحى العمومية لتعالج ويتخلص منها مع بقية المخلفات من المنازل وغيرها .

١ ـ لا تزيد درجة الحرارة عن ٤٠ درجة مئوية .

٢ ـ لا يقل الأسس الهيدروجينى عن ٦ ولا يزيد عن ١٠ .

٣ ـ لا تزيد المواد الراسبة عن ٥ سم٣ فى اللتر فى عشرة دقائق .

٤ ـ لا تزيد المواد الراسبة عن ١٠ سم٣ فى اللتر فى ثلاثين دقيقة .

٥ ـ لا تحتوى على أجسام يزيد قطرها عن نصف سنتيمتر .

٦ ـ لا يزيد كبريتور الهيدروجين مقدراً على هيئة كب عن ١ جزء فى المليون .

٧ — لا تزيد الزيوت والشحوم عن ١٠٠ جزء فى المليون .

٨ — لا تحتوى على مواد سامة بكميات ضارة بحياة الأسماك أو الكائنات الحية .

٩ — لا تحتوى على مواد ينتج عنها تصاعد غازات قابلة للانفجار أو التى درجة اشتغالها ٨٥° مئوية أو أقل .

التخلص من المخلفات السائلة فى البحار (Disposal into sea) :

وبديهى أن هذا لا يتيسر إلا فى البلاد التى تقع على شاطىء البحار وقبل البدء فى تصميم عمليات التخلص من المخلفات السائلة بهذه الطريقة يجب عمل الدراسات الآتية :

١ — دراسة التيارات البحرية	Sea Currents
٢ — دراسة الأمواج	Sea waves
٣ — دراسة الرياح	Winds
٤ — دراسة المد والجزر	Tide

وأبسط الطرق التى تتبع لهذه الدراسات هى وضع عوامات مرقمة (زجاجات . قطع خشبية) . فى أماكن مختلفة فى البحر مع رصد تحركات هذه العوامات بواسطة عمال زوارق يومياً على أن تستمر هذه الدراسة لمدة سنة على الأقل—وبذلك تمكن دراسة إتجاه وسرعة التيارات البحرية والأمواج البحرية السائدة فى المنطقة .

وبناء على هذه الدراسة نختار أفضل موقع للمصب الذى لا تسبب اتجاه التيارات والرياح والأمواج فيه إزاحة للمخلفات إلى الشاطىء . بل تزيحها إلى داخل البحر . وذلك مع مراعاة الشروط الآتية العامة :

١ - الإبتعاد بالمصب عن أماكن توالد الأحياء الصدفية حتى لا تلوث المخلفات السائلة هذه الأماكن وهذا يعتبر شرطاً هاماً نظراً لأن الأحياء الصدفية أثناء تنفسها تحجز البكتيريا من الماء (ومنها ما يسبب أمراضاً) وبذلك يزداد تركيز هذه البكتير في الأحياء الصدفية مما يخشى معه انتقال الأمراض إلى الإنسان عن طريق أكل هذه الأحياء .

٢ - يجب أن تمتد ماسورة المصب مالا يقل عن ١٥٠ متر داخل البحر على أن يكون المخرج على عمق كبير (في الاسكندرية تمتد ١٧٠ متر وعلى عمق ١٦ متر) .

٣ - في حالة ارتفاع سطح الماء أثناء المد يفضل أن تزود مخرج الماسورة بصمام يسمح بخروج الماء منها إلى البحر ولا يسمح بدخول ماء للبحر إليها كما أنه يفضل أن يبنى أحواض كافية لتخزين المخلفات السائلة في الفترة التي يكون فيها المد العاليا . بحيث تصرف المياه من هذه الأحواض في فترة الجزر .

٤ - يجب أن تمر المخلفات السائلة خلال مصا في لحجز المواد الطافية ومنعها الوصول إلى المصب وذلك تفادياً لظهورها على سطح البحر بشكل يؤذى النظر .

٥ - استعمال طلمبات لدفع المخلفات السائلة في ماسورة المصب إذا كانت مناسيب شبكة الصرف الصحي منخفضة عن منسوب الماء في البحر .

تعقيم المخلفات السائلة قبل التخلص منها بالتخفيف

من الدراسات السابقة لطرق معالجة المخلفات السائلة يتضح أنه يمكن الحصول على درجة النقاة المرغوب فيها باختيار وحدات المناسبة وكما هو

موضح فى الجدول رقم (٢١- ٢) . وبذلك يمكن التحكم فى درجة تركيز كمية المخلفات الممكن صرفها فى المجارى المائية حسب نوع وكمية المياه المستقبلة لها - كما يتضح منه أيضاً أنه باستعمال طريقتى تنشيط الحمأة والترشيح يمكن التخلص من حوالى ٩٥ ٪ من البكتيريا مما قد يغنى عن ضرورة التعقيم بالكلور قبل الصرف بالمجارى المائية .

جدول رقم (٢١ - ٢)

درجة النقاوة الممكن الحصول عليها من كل وحدة

الوحدة	درجة النقاوة ٪ ٥ - يوم أكسوجين حيوى	مواد عالقة	بكتيريا
١ - الحجز بالشبكات الحديدية . .	٥ - ١٠٪	٢ - ٢٠٪	١٠ - ٢٠٪
٢ - الترسيب العادى	٢٥ - ٤٠٪	٤٠ - ٧٠٪	٢٥ - ٧٥٪
٣ - الترسيب الكيماوى	٥٠ - ٨٥٪	٧٠ - ٩٠٪	٤٠ - ٨٠٪
٤ - الترشيح الميكانيكى مسبوقاً ومتبوعاً بالترشيح العادى . .	٨٠ - ٩٥٪	٧٠ - ٩٢٪	٩٠ - ٩٥٪
٥ - تنشيط الحمأة مسبوقة ومتبوعة بالترسيب العادى	٨٥ - ٩٥٪	٨٥ - ٩٥٪	٩٠ - ٩٨٪
٦ - الترشيح الرملى	٩٠ - ٩٥٪	٨٥ - ٩٥٪	٩٥ - ٩٨٪

إلا أنه زيادة فى الاطمئنان يفضل استعمال الكلور فى معالجة المخلفات السائلة للتخلص من رائحتها قبل صرفها فى المجارى المائية التى تستعمل للسباحة

أو الصيد أو الترفيه بالاضافة إلى زيادة كفاءة عملية التخلص من البكتيريا الضارة .

ولضمان أحسن النتائج لابد أن لا تقل مدة التلامس عن ٣٠ دقيقة عند التصرف المتوسط وبحيث يتراوح الكلور الزائد (Residual Chlorine) مابين ٠٫٢ — ١ جزء فى المليون . وهذا كاف لقتل أكثر من ٩٩٫٩٪ من بكتيريا الكوليفورم (Coliform) الموجودة . (والجدول الآتى يوضح التركيز المطلوب من الكلور لتعقيم المخلفات السائلة) .

مخلفات سائلة بعد المصافى	٦ — ٢٤ ملليجرام/لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب	٣ — ١٨ ملليجرام/لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب الكيماوى	٣ — ١٢ ملليجرام/لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح	٣ — ٩ ملليجرام/لتر
مخلفات سائلة بعد عملية تنشيط الحمأة	٣ — ٩ ملليجرام/لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح الرملى	١ — ٦ ملليجرا/لتر

وبالرغم من أن للكلور تأثير فعال فى قتل البكتيريا ، الا أن تأثيره فى تخفيض الأوكسيجين الحيوى محدود . فقد وجد أنه لنقص الأوكسيجين الحيوى فى المخلفات الخام بنسبة ٣٥ ٪ يحتاج إلى تركيز فى الكلور يتراوح ما بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ ملليجرام/لتر . كما أنه باستعمال الكلور بعد الترسيب العادى لا نتوقع أن يزيد متوسط النقصان فى الأوكسيجين الحيوى عن ٤٥ ٪ .

على أنه فى حالة الوصول بنتائج طيبة للتشغيل فى عمليات التنقية الكاملة للمخلفات السائلة فأنه يمكن التخلص من البكتيريا الضارة مما يغنى فى معظم الأحيان عن ضرورة التعقيم بالكلور إذ أن استعمال الكلور لا يؤدى لزيادة كبيرة فى كفاءة التنقية تتناسب مع التكاليف الباهظة فى تشغيله .

طريقة التخلص بالرى

(Disposal by Irrigation)

وتسمى أحياناً التخلص على سطح الأرض (disposal on land) وهذه الطريقة تتبع فى جميع البلاد الداخلية التى لا تقع على أنهار أو بحار – وهى تستعمل للتخلص من المخلفات السائلة وهى خام (بعد التصفية) أو بعد التنقية الابتدائية أو بعد المعالجة الكاملة – إلا أنه يفضل ألا تستعمل للتخلص من المخلفات الخام إذ قد يتسبب ذلك فى انسداد سريع لمسام التربة لما فى هذه المخلفات الخام من مواد عالقة كثيرة .

وتختلف كمية المياه التى يمكن للفدان الواحد أن يستوعبها تبعاً لنوع التربة وكذلك تبعاً لطبيعة تكوين ومحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز ما بها من مواد عالقة عضوية وغير عضوية – ويقدر المقنن المائى للفدان كالآتى :

٥٠ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً والأرض رملية .

٣٠ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً والأرض رملية طينية .

١٥ متر مكعب يومياً للمخلفات المعالجة ابتدائياً ولأرض طينية خفيفة .

أما الأرض الطينية المتماسكة فلا تصلح لاستقبال المخلفات السائلة سواء معالجة أو غير معالجة .

على أنه يجب الأخذ فى الاعتبار أن عملية التخلص من المخلفات السائلة بطريقة الرى تشمل ضمناً معالجة هذه المخلفات . إذ أن البكتيريا الهوائية الموجودة فى التربة وفى المخلفات السائلة نفسها تنشط فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسوجين الذى تمتصه من الهواء – راجع دورة الآزوت فى الطبيعة – وبذلك تفقد المخلفات السائلة قدرتها على الأضرار بالصحة العامة وهو الغرض الرئيسى فى معالجتها والتخلص منها .

وهناك ثلاثة طرق للتخلص من المخلفات السائلة بالرى :

١ — رى الأرض بالطرق العادية (Broad Irrigation)

وفى هذه الطريقة تقسم الأرض إلى أحواض صغيرة تفصل بينها جسور قليلة الارتفاع (بتون) أسوة بالأراضى الزراعية العادية على أن تزود بالترع الرئيسية والقنوات الفرعية والمساقى اللازمة لتوزيع المخلفات السائلة على سطح الأرض — كما تنشأ فى الأرض المصارف التى تحمل المياه المتسربة من الأرض إلى مصرف رئيسى مجاور .

وفى الإمكان زراعة هذه الأرض بالنباتات على ألا ينظر إلى هذه الزراعة كمصدر للربح يكون هو الهدف الأول من العملية — إذ أن الغرض الرئيسى من تخصيص مساحة من الأرض لترى بالمخلفات السائلة هو التخلص من هذه المخلفات بطريقة سليمة مرضية وليس الحصول على ربح مادى — إذ أن ما ينتج من هذه المزرعة لن يغطى بأى حال مصاريف عملية المعالجة وأنه فى أحسن حال يكون جزءاً بسيطاً من هذه المصاريف .

ومن الواضح أن هناك خطر من انتقال الأمراض إلى الإنسان إذا زرع فى هذه الأرض الخضراوات التى تؤكل نيئة دون أن تطهى مثل الجزر والفجل والطماطم ... بل ينظر المهندسين الأمريكان نظرة شك إلى جميع المنتجات الزراعية التى يقصد بها اطعام الإنسان حتى او كان ذلك بعد طهيها إلا أن هذا يمكن التجاوز عنه إذا روعى أن تمر فترة كافية ما بين آخر مرة ترو ى فيها الأرض وزمن جمع المحصول — كما أنه فى مزارع المخلفات السائلة فى ألمانيا قد تمت زراعة البطاطس واللفت والحبوب دون أن تحدث أى حالة مرض نتيجة لاستعمال هذه المنتجات للاستهلاك الآدمى .

ويمكن النصح عامة بزراعة الأشجار الخشبية . والحبوب مثل القمح والأذرة والقرطم . كما يزرع القطـن وأشجار اللوز والبندق وكذلك الموالح كالبرتقال والليمون على ألا يسمح إطلاقاً بزراعة الخضار والفواكه التي تكون ثمارها بالقرب من سطح الأرض مثل أنواع الفراولة — وفي جميع الأحوال يجب استعمال المخلفات السائلة في الري بعد أن تكون قد مرت في خلال عملية التنقية الابتدائية على الأقل .

كما يجب عدم غمر الأرض بالمخلفات السائلة بمعدلات أكثر من المقننات المائية التي سبق ذكرها — حتى لا تصبح الأرض مشبعه بها غير قادرة على إمتصاص المزيد منها — وفي هذه الحالة تصبح الأرض (Sewage sick) مما يحد بل يمنع نشاط البكتيريا الهوائية الموجودة في التربة وبالتالي يحد من تحويل وتثبيت المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة — وإذا ما وجد مثل هذه الحالة التي يستدل عليها بتكون برك من المخلفـات السائلة على سطح الأرض يجب ايقاف غمر الأرض بالمخلفات السائلة وحرثها أكثر من مرة وتسمى هذه الطريقة أحيانا الترشيح في الأرض (Land filtration)

٢ — طريقة الترشيح المتقطع (Intermitent filtration) :

وهي لا تختلف كثيراً عن الطريقة السابقة — إذ في هذه الطريقة تغمر الأرض بالمخلفات السائلة بارتفاع يتراوح من خمسة عشرة سنتيمتراً إلى عشرين سنتيمتراً . ثم تترك لتتسرب إلى باطن الأرض ثم يعاد الغمر مرة كل ثمانية عشرة ساعة ويستمر ذلك لمدة عشرة أيام . ثم تترك الأرض للراحة لمدة عشرة أيام تكون المخلفات السائلة موجهة إلى حواض أخرى .

وفي هذه الحالة لا يلتفت إلى زراعة الأرض بأية محاصيل .

وهذه الطريقة أحسن ما تتبع في الأراضي الزراعية الرملية الكثيرة المسام

- حيث تتسرب الماء إلى داخل الأرض - إلا أنه فى الأراضى العادية يمكن عمل شبكة من المواسير ٣" - ٤" مفتوحة الوصلات كمصارف مغطاة فى باطن الأرض - والمسافة فيما بين المواسير تتراوح من ١٠ إلى ٢٠ متر وتكون على عمق متر تحت سطح الأرض - وتصب جميع هذه المواسير ما يصل اليها من مياه فى مصرف رئيسى .

٣ - طريقة المساطب الترابية (Ridge & Furrow) :

وفى هذه الحالة تعمل خطوط وخنادق متوازية متقاربة من بعضها لتمر المخلفات فى هذه الخطوط فتتسرب فى الأرض .

وهذه الطريقة لا تدفع كثيراً لكبر تكاليفها .

٤ - طريقة الرى بالرش (Spraying) :

وفيها ترش المخلفات السائلة على سطح الأرض بمعدل ثابت على هيئة قطرات مثل قطرات المطر وذلك بواسطة رشاشات دوارة - ويتبع فى هذه الطريقة أسوة بالطريقة السابقة انشاء مصارف مغطاة تصب فى مصرف رئيسى .

درجة التخصيب للمخلفات السائلة : Fertilizing value of Sewage

تختلف الآراء فى قيمة المخلفات السائلة فى التخصيب وإمداد النبات باحتياجاته الغذائية - إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على حوالى ٢٠ جزء فى المليون أزوت منها حوالى ١٠ جزء فى المليون أزوت قابل للامتصاص بالنبات ، إلا أن المخلفات السائلة المعالجة قد تحتوى على نسبة أقل من هذه - فالمياه الخارجة من المرشحات العادية مثلا تحتوى على عشرة أجزاء فى المليون أزوتات . ونصف جزء فى المليون أوزوتيت .

كما أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على خمسة أجزاء فى المليون حامض فوسفوريك . عشرين جزء فى المليون بوتاسيوم وهذه النسب للمواد الغذائية الموجودة فى المخلفات السائلة بالاضافة إلى نوع النبات واحتياجاته الغذائية تلقى ضوءاً على القيمة الاقتصادية للمخلفات السائلة كمخصب للأراضى الزراعية

الباب الثالث والعشرون

معالجة الحمأة والتخلص منها

Sludge Treatment & Disposal

نتيجة لعمليات معالجة المخلفات السائلة والتى سبق شرحها تنفصل نسبة كبيرة من المواد الصلبة عن المخلفات السائلة ومن ثم يلزم التخلص من كل من المواد الصلبة والسوائل كل على حدة — والمواد الصلبة التى انفصلت عن السوائل تتجمع فى قاع أحواض الترسيب على هيئة حمأة أى رواسب تحتوى على نسبة عالية من المياه تصل إلى ٩٠ ٪ أو ٩٥ ٪ من الوزن الكلى للحمأة وهذه الحمأة تمثل خطراً يهدد الصحة العامة إذا لم يتخلص منها بالطريقة السليمة على أنه يفضل أن تعالج الحمأة قبل التخلص منها بغية تحسين حالتها بزيادة قابليتهـــا للترشيح (filtrability) أى قابلية انفصال المواد الصلبة عن السائلة بالترشيح إما فى أحواض التجفيف أو بالات خلخلة الهواء أو بغيرها من الطرق التى سيأتى ذكرها .

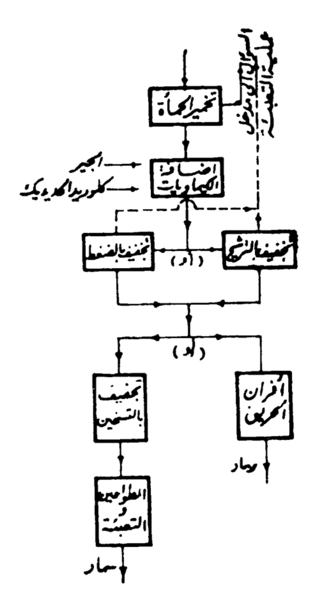
ومن طرق المعالجة (Sludge Treatment or Conditioning) :

١ — تخمير الحمأة	Sludge digestion
٢ — تركيز الحمأة	Sludge concentration or thickening
٣ — معالجة الحمأة بالكيماويات	Chemical Treatment
٤ — غسيل أو نقع الحمأة	Sludge Elutriation

هذا إذا كانت الحمأة سيتم التخلص منها بعد التجفيف أما إذا كانت التخلص من الحمأة سيتم قبل التجفيف فلا داعى لمعالجة الحمأة بهذه الطرق إقتصاداً فى التكاليف .

كمية الحمأة المرسبة فى الأحواض المختلفة :

تتوقف كمية الحمأة المتجمعة فى أحواض الترسيب على عدة عوامل : كمية المخلفات السائلة ، معدل استهلاك المياه (لتر /شخص /يوم) ، تركيز



(شكل رقم ٢٣ — ١)

المواد العالقة وقابليتها للترسيب . ومدى تركيز المواد الصلبة فى الحمأة .

مثـال : إذا فرض أن كمية المخلفات السائلة ألف متر مكعب/اليوم وتركيز المواد العالقة ٤٠٠ جزء فى المليون وكفاءة الترسيب فى حوض الترسيب الابتدائى ٦٠ — ٧٠ ٪ وتركيز المواد الصلبة فى الحمأة ٥ ٪ فإن كمية الحمأة فى أحواض الترسيب تقدر كالآتى :

أ – الحمأة المرسبة فى حوض الترسيب الابتدائى :–

وزن المواد المرسبة = $٤٠٠ \times ٠,٦٥ \times \frac{١٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$

= ٠,٢٦ طن = ٢٦٠ كيلوجرام

∴ وزن الحمأة بما فيها من ماء = $٢٦٠ \times \frac{١٠٠}{٥}$ = ٥٢٠٠ كيلوجرام

ولما كانت كثافة الحمأة = ٠,٩٥ × ١ + ٠,٠٥ – ١,٢ = ١,٠١

∴ حجم الحمأة المجمعة فى حوض الترسيب الابتدائى = ٥,٢٠٠ متر مكعب . وذلك من ١٠٠٠ متر مكعب مخلفات سائلة – أى أن الحمأة حوالى ٥ فى الألف من المخلفات المعالجة .

ب – الحمأة المرسبة فى حوض الترسيب النهائى :

تركيز المواد العالقة بعد الترسيب الابتدائى ١٤٠ جزء فى المليون – وبفرض ان الكفاءة الكلية العملية التنقية بعد الترسيب النهائى = ٩٠ ٪ فان تركيز المواد العالقة بعد المعالجة النهائية = ٤٠ جزء فى المليون .

∴ المواد العالقة المزالة فى حوض الترسيب النهائى

= ١٤٠ – ٤٠ جزء فى المليون

∴ وزن المواد المزالة فى حوض الترسيب النهائى (من ١٠٠٠ متر٣)

= $\frac{١٠٠٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$ = ٠,١ طن = ١٠٠ كيلوجرام

وبفرض أن تركيز المواد الصلبة فى الحمأة فى حوض الترسيب النهائى = ٢ ٪ يكون الوزن الكلى للحمأة هو ١٠٠ × ٥٠ = ٥٠٠٠ كيلوجرام /يوم

∴ حجم الحمأة = ٥ متر مكعب / يوم

أى أن حجم الحمأة هى ٥ فى الألف من حجم المخلفات السائلة المعالجة

وبذلك نكون الحجم الكلى للحمأة فى عملية التنقية :

من حوض الترسيب الابتدائى = ٥ متر ٣
من حوض الترسيب النهائى = ٥ متر ٣
الحجم الكلى = ١٠ متر ٣

∴ الحجم الكلى للحمأة = ١٠ فى الألف = ١٪ من الحجم الكلى للمخلفات السائلة المعالجة .

أما إذا اعتبرنا معدل استهلاك المياه هو ١٨٠ لتر للشخص فى اليوم فان تعداد السكان لتصرف ألف متر مكعب يومياً = ٥٥٠٠

وبذلك تكون كمية الحمأة :

= ١٠ ــ ١٠٠٠ = ١.٨ لتر/شخص/يوم

(فى المتوسط من ١.٥ إلى ٢.٠ لتر/شخص/يوم منها حوالى ١.٠ لتر/شخص/يوم ناتجة من الترسيب الابتدائى والباق من الترسيب النهائى).

التخلص من الحمأة قبل التجفيف

١ ــ دفن الحمأة (Sludge Trenching) :

ويتم ذلك بحفر خنادق مستطيلة متوازية بعمق متر ونصف على أن تلقى الحمأة فى الخنادق ثم تغطى بطبقة من التراب بارتفاع ثلاثين سنتيمترا على الأقل وذلك لمنع تصاعد الروائح منها . وكذلك لمنع توالد الذباب ــ ويمكن استغلال المساحة المستعملة كمزرعة على ألا يعاد حفر الخنادق فى نفس المنطقة إلا بعد مرور سنتين على الأقل .

٢ ــ قذف الحمأة فى البحر (Sludge dumping into sea) :

ويشترط لاتباع هذه الطريقة تواجد المدينة بالقرب من شاطىء البحر على أن يكون البحر بالاتساع الكافى بحيث تستوعب مياهه هذه الحمأة دون أن

يهبط الأكسوجين الذائب فى ماء البحر عن الحدود المقررة الكافية لنمو ونشاط الكائنات الحية البحرية التى تعيش أصلا فى البحر - ويشترط دائماً أن يكون موقع التخلص من الحمأة فى داخل البحر وعلى أعماق كافية بحيث تضمن ألا تدفع الرياح أو التيارات الرواسب إلى الشاطىء - ويتم قذف الحمأة إلى البحر إما عن طريق طلمبات تدفعها إلى موقع التخلص أو بتحميل الحمأة فى سفن خاصة تسير بها إلى عرض البحر حيث يتم التخلص منها - وتشترط بعض المواصفات على ألا تقل النسبة بين حجم الماء فى البحر وكمية الحمأة التى تصب يومياً فيه عن ألفين ضعف ويشترط أن يوجد من التيارات ما يمنع الترسيب .

٣ - استعمال الحمأة السائلة كسماد (Disposal as manure)

وفى هذه الحالة تحمل الحمأة فى سيارات نقل ذات اسطوانات معدنية محكمة (فناطيس) لتقوم بتوزيعها على المزارع المجاورة إما بأجر أو مجاناً - وهذه الطريقة تستعمل بنجاح فى بلاد كثيرة فى الخارج .

٤ - الحرق (Incineration) :

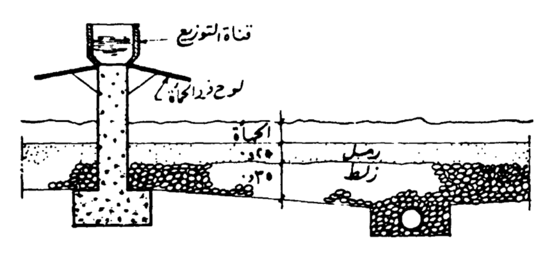
وفى هذه الحالة تدفع الحمأة السائلة إلى قمة أفران خاصة حيث تتعرض لدرجات من الحرارة العالية كافية لتجفيفها ثم حريقها - والحرارة الناتجة عن حريق جزء من الحمأة تساعد على تجفيف وحريق الجزء التالى اه وهكذا مع استعمال الوقود الإضافى فى بعض الأحوال .

التخلص من الحمأة بعد التجفيف

ويلزم قبل دراسة طرق التخلص من الحمأة بعد التجفيف أن تدرس أولا طرق التجفيف وأهم هذه الطرق :

١ - التجفيف على أسطح من الرمال (Sand Sludge dryng beds):

ويلزم لهذا إعداد أحواض التجفيف مساحة كل منها حوالى ٥ - ١٠ متر ويتراوح عمقها من متر إلى متر ونصف - على أن تزود بشبكة من مواسير الصرف المفتوحة الوصلات فى القاع يتراوح البعد بين كل ماسورتين من أربعة إلى ثمانية أمتار ، على أن تغطى هذه المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ - ٤٠ سم وعلى أن يكون قطر الزلط ما بين سنتيمتر . وخمسة سنتيمترات - يعلوها طبقة من الرمل بارتفاع حوالى خمسة وعشرون سنتيمتراً (شكل ٢٣ - ٢) .



(شكل رقم ٢٣ - ٢)

وتوزع الحمأة على هذه الأحواض من قنوات يرتفع قاعها عن سطح الرمل بما لا يقل عن خمسة وثلاثين سنتيمترا على أن تزود بالبوابات اللازمة على جوانبها كما يوضع أمام كل فتحة لوح مانع لاندفاع الحمأة فوق سطح الرمل مسببة نحرا فيه (splash plate) على أن تتراوح مقاسات هذه الألواح من ٧٥ إلى ٩٠ سم للطول والعرض .

والطريقة المتبعة فى تجفيف الحمأة على هذه الأحواض فى أوروبا هى

أن تفرد الحمأة فى هذه الأحواض بأعماق من ٤٥ – ٦٠ سنتيمتر أو تترك عدة أشهر لتجف بفعل عاملين .

١ – تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو .

٢ – تسرب جزء من الماء خلال الرمل والزلط إلى شبكة مواسير الصرف وهذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذلك يجب رفعها إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتمر خلال عملية المعالجة لتختلط بالمخلفات السائلة وتخرج معها بعد معالجتها .

وباستعمال هذه الطريقة فى مصر أى نشر الحمأة فى هذه الأحواض بعمق حوالى نصف متر توالد الذباب فى الحمأة قبل تمام جفافها نظراً لارتفاع درجة الحرارة فى مصر عنها فى أوروبا ولذلك يفضل نشر الحمأة على هذه الأحواض بأعماق صغيرة لا تتجاوز عشرة سنتيمترات ثم تترك لتجف عن طريق التبخر ، وتسرب الماء داخل الرمل لمدة لا تزيد عن خمسة أيام صيفاً – وتسعة أيام شتاء – ثم يعاد نشر الحمأة فى الحوض مرة أخرى ، وهكذا إلى أن يصل العمق – الكلى للحمأة بعد جفافها حوالى ثلاثين سنتيمترا ومن ثم تزال لاعادة استعمال الحموض من جديد . على أنه يجب تغطية الطبقة الأخيرة بطبقة من الرمل بعد مضى خمسة أيام من نشرها للحد من توالد الذباب على سطحها حتى يتم تجفيفها .

وقد أدت هذه الطريقة إلى فائدتين :

١ – موت يرقات الذباب الذى يتوالد فى كل طبقة نتيجة لغمرة بالطبقة الجديدة مما يسبب اختناقها .

٢ – تخمير المواد العضوية فى الحمأة تدريجياً مما ينتج عنه إنعدام الرائحة فى الحمأة بعد تجفيفها .

المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة

تتوقف المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة على :

كمية الحمأة - نسبة المياه فيها - درجة حرارة الجو - طريقة نشر الحمأة على أحواض التجفيف .

مثال : إذا فرض أن الحمأة ستنشر على حوض التجفيف مرة على سبعة أيام على طبقات سمك عشرة سنتيمترات ، فان المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة المجمعة فى المثال السابق تقدر كالآتى :

كمية الحمأة المجمعة = ١٠ متر مكعب/اليوم

$$\therefore \text{المساحة اللازمة} = \frac{١٠}{٠,١} = ١٠٠ \text{ متر}^٢ / \text{يوم}$$

ولما كانت الحمأة ستنشر على نفس الحوض مرة كل أسبوع

$\therefore$ المساحة الكلية = ١٠٠ × ٧ = ٧٠٠ متر مربع

وفى المثال السابق وجدنا أن الألف متر مكعب من المخلفات هو التصرف من ٥٥٠٠ شخص .

$\therefore$ المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة هى متر مربع لكل أربعة عشرة أشخاص تقريباً (فى المتوسط من ١٠ إلى ١٥ شخص) .

على أن تقسم المساحة اللازمة إلى أحواض مساحة كل منها حوالى ٥ × ١٠ متر ، مزودة بمواسير الصرف كما سبق ذكره .

مثال : أوجد المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائى لتعداد قدرة ربع مليون نسمة .

الحــــل :-

كمية الحمأة = لتر واحد / شخص / يوم

$\therefore$ كمية الحمأة الكلية = ٢٥٠ متر مكعب / يوم

سمك طبقة الحمأة = ٧ سم

$$\therefore \text{المساحة اللازمة فى اليوم} = \frac{٢٥٠}{٠,٠٧} = ٣٦٠٠ \text{ متر}^٢/\text{يوم}$$

$$= ٤٠٠٠ \text{ متر}^٢/\text{يوم تقريباً}$$

$$\therefore \text{المساحة الكلية} = ٤٠٠٠ \times ٧ = ٢٨٠٠٠ \text{ متر}^٢$$

هذه المساحة مقسمة إلى مساحات مساحة كل منها ٤٠٠٠ متر٢ كل منها تغطى بالحمأة يوم كل أسبوع تضاف اليها مساحة ثامنة احتياطية تعمل عند توقف استعمال مساحة أخرى لأغراض الصيانة أو ازالة الحمأة المجففة .

كما أن كل مساحة من هذه المساحات الثمانية تقسم إلى مساحات كل منها لا يتجاوز ٥ × ١٠ متر أى خمسين متر مربع – حتى يمكن التحكم فى دخول الحمأة بانتظام فى الحوض بالكامل وبذلك ويقترح عدد ثمانية أحواض كل منها ٥ × ١٠ متر أى مساحتها سكلية ٤٠٠٠ متر٢ يعمل الثامن منها كاحتياطى للسبعة الآخرين .

٢ – التجفيف بكبس الحمأة فى قوالب (Sludge Pressing in cakes)

ويتم التجفيف بهذه الطريقة بترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامى ، تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتى القماش .

على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات السائلة وذلك نظراً لشدة تلوثها .

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجوفة على أن يوضع القماش فيما بينها . وبأحد أركان كل قرص ثقب دائرى متصل بالفراغ – داخل القرص بفتحة صغيرة – فاذا ما ضمت هذه

الأقراص على بعضها - تكون من مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص - وتحت الضغط تنفذ الماء خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى فى القرص إلى ماسورة المخرج التى تتكون من مجموعة من الثقوب فى ركن آخر من أركان الأقراص المضمومة على بعضها .

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة الحمأة بأن يضاف اليها من ٣ إلى ٥ ٪ من وزنها جير ، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى ٦٠ رطل على البوصة المربعة (٧,٥ كيلوجرام/السنتيمتر المربع) .

٣ - التجفيف بخلخلة الهواء (Vacunm Filtratier) :

والمرشح المستعمل عبارة عن أسطوانة معدنية مثقبة الجدار ومغلقة بطبقة من اللباد ومقسمة قطرياً إلى قطاعات مستقلة عن بعضها - وتلف الأسطوانة حول محورها الأفقى بحيث يكون جزؤها الأسفل مغمور فى حوض الحمأة .

وبواسطة خلخلة الهواء من داخل القطاعات فى الجزء الأسفل من الأسطوانة تلتصق المواد الصلبة فى الحمأة بجدار اللباد بينما تخترق السوائل هذا الجدار - وتبقى المواد الصلبة ملتصقة بجدار الأسطوانة أثناء دورانها .

وتستمر خلخلة الهواء من داخل القطاعات المختلفة للاسطوانة حتى إذا قارب كل قطاع نهاية دورة كاملة أى قبل أن يعود إلى الانغماس داخل الحمأة الموجودة فى الحوض - يوقف خلخلة الهواء منه ويدفع فيه هواء تحت ضغط بسيط ليقلل التصاق الرواسب بالسطح اللبادى للاسطوانة - ومن ثم يسهل إزالة طبقة الرواسب من على سطح الأسطوانة بواسطة حافة حادة مثبتة بطول الأسطوانة .

وتحتوى الرواسب عند إزالتها من سطح الأسطوانة اللبادى على حوالى ٧٥ ٪ من وزنها ماء – كما يلزم لنجاح هذه الطريقة معالجة الحمأة بأحد المروبات وأكثر المروبات استعمالا لهذا الغرض هو كلوريد الحديديك (ferric chloride) بنسبة ٦ – ٨ ٪ من وزن الرواسب الجافة الموجودة فى الحمأة .

٤ - التجفيف بالآلة الطاردة المركزية

(Centrifugal sludge drying machine)

ويتم ذلك بوضع الحمأة فى اسطوانات ذات جدران مسامية وتدور هذه الأسطوانة بسرعة ٧٥٠ لفة فى الدقيقة - مما ينتج عنه اندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوة الطاردة المركزية – فينفذ جزء من السائل خلال مسام الجدار بينما يبقى الرواسب مع بعض السائل داخل الأسطوانة حيث يزال وهذه الطريقة لا تستعمل بكثرة والرواسب المزالة من داخل الأسطوانة تحتوى على حوالى ٧٥ ٪ من وزنها ماء .

طرق التخلص من الحماة بعد تجفيفها

١ – استعمال الحمأة المجففة كسماد (Eisposal as manure) :

بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة – مستوية السطح بأرتفاع حوالى متر – ثم تغطى بطابقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع احتمال توالد الذباب على سطحها. على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ يوم تتعرض أثناءها للتخمير الجزئى الذى يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية – وذلك بفعل البكتيريا والرطوبة الباقية فى الرواسب – وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها كما تساعد على الحد من بويضات الديدان الطفيلية .

وبعد هذه المدة يباع للزارع كسماد يحتوى على :

مواد عضوية بنسبة	٥٥ – ٧٥ ٪
مواد غير عضوية	٢٥ – ٤٥ ٪
زيوت ودهون	٥ – ٢٥ ٪
بروتين	٥ – ٢٠ ٪
أمونيا (أزوتات)	١ – ٣ ٪
فوسفور	½ – ١ ½ ٪

أما الحمأة المعدة بالطرق الميكانيكية أى بالترشيح التفريغى (Vacuum Filtration) أو بالترشيح بالضغط (pressing into cakes) أو بالآلات ذات القوى الطاردة المركزية (centrifuges) والتى سبق شرحها — فأنها لا تزال تحتوى مياه بنسبة حوالى ٧٥ ٪ من وزنها ولذلك يجب استكمال تجفيفها قبل التصرف فيها كسماد — ويتم استكمال التجفيف بإدخال الرواسب فى أفران يمر بها الهواء الساخن فى درجة ١٥٠٠٠ – ٢٠٠٠ درجة مئوية وبهذا يمكن خفض نسبة الماء إلى حوالى ٢٠ ٪ من الوزن الكلى وهو ما يعتبر رواسب جافة — على أن يتم طحن هذه الرواسب ومن ثم يعبأ فى أكياس ويباع كسماد .

٢ – الحريق (Incineration) :

يمكن أن تحرق الرواسب الجافة بأحد الطرق السابقة وتعذر استخدامها كسماد فى المناطق الزراعية المجاورة وأنه يلجأ إلى حريقها فى أفران خاصة ويستفاد من الحرارة الناتجة من الحريق لتسخين المياه فى الغلايات أو للتدفئة أو ... الحمأة قبل ... وهناك أكثر من نوع للأفران الخاصة بهذه العملية

طرق معالجة الحمأة

Sludge Treatment or Conditioning

يفضل فى كثير من الأحوال أن يتم معالجة الحمأة قبل تجفيفها والتخلص منها – ويتم ذلك بأحد الطرق الآتية :

١ – معالجة الحمأة بالتخمير

Sludge Digestion

يتم تخمير الحمأة بتخزينها فى أحواض خاصة مقفلة أى لا اتصال لها بالهواء الجوى فتنشط البكتيريا اللاهوائية وتحلل المواد العضوية فيحول جزء كبير منها إلى غاز يحتوى على المركبات الآتية :

١ – ٦٠ – ٧٠٪ غاز الميثين Methane gas (CH_4)

٢ – ٢٥ – ٣٠٪ ثانى أوكسيد الكربون Carbon dioxide (CO_2)

٣ – ١.٥ – ٣٪ نيتروجين Nitrogen (N_2)

فوائد تخمير الحمأة

١ – تركيز المواد الصلبة فى الحمأة . إذ أن نسبة المواد الصلبة فى الحمأة قبل التخمير حوالى ٥ ٪ والمياه ٩٥ ٪ بينما تبلغ نسبة المواد الصلبة فى الحمأة المخمرة ١٠ ٪ والمياه ٩٠ ٪ وهذا التركيز يؤدى إلى خفض فى حجم الحمأة حوالى ٥٠ ٪ من حجمها الأصلى .

٢ – خفض آخر فى حجم الحمأة نتيجة تحلل بعض المواد العضوية وتحولها إلى غازات كما سبق ذكره .

وبذلك يصل الخفض الكلى فى حجم إلى حوالى ثلاثاى حجمها الأصلى . أى يصير حجمها ثلث حجمها الأصلى .

٣ — الحمأة الكاملة التخمر لا يتصاعد منها رائحة كريهة .

٤ — الاستفادة من الغازات المتصاعدة نظراً لإمكان استعمالها كوقود :

٥ — الحمأة بعد التخمير أسهل فى التجفيف عنها قبل التخمير .

٦ — زيادة فى مزايا الحمأة بالنسبة لقيمتها كسماد ينتفع به فى الزراعة.

٧ — التخمر يؤدى إلى نقص كثير فى عدد البكتيريا الضارة .

الا ان لتخمير الحماة العيوب الاتية :

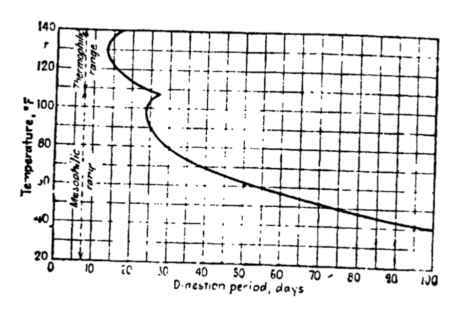
١ — ارتفاع تكاليف انشاء أحواض التخمير .

٢ — احتياجها إلى عناية خاصة أثناء التشغيل للعمل على أن تسود الحوض الظروف والعوامل التى تساعد على حسن التشغيل . .

والعوامل التى تساعد على حسن تشغيل أحواض التخمير :

١ — درجة الحرارة :

إذ أن تخمير الحمأة فى أحواض لا يتم التحكم فى درجة الحرارة فيها يحتاج إلى فترة طويلة للتخمير قد تصل إلى ستة أشهر — بينما تقل هذه الفترة إلى شهر ونصف (٣٠ — ٦٠ يوم) إذا أمكن التحكم فى درجة الحرارة للحمأة فى الحوض ليتم حفظها عند درجة ٣٠° — ٣٧° مئوية وهذا ما يسمى بالتخمير الميزوفيلى Mesophilic أما إذا صار التحكم فى درجة حرة الحمأة عند درجة ٤٥° — ٥٠° مئوية فتقل الفترة اللازمة للتخمير إلى حوالى عشرة أيام وهذا ما يسمى بالتخمير الترموفيلى . (Thermophilic digestion) إلا أن هذه الطريقة لم ينتشر استعمالها بـ . نظراً لشدة حساسيتها أى احتياجاتها إلى رقابة شديدة أثناء التشغيل (شكل ٢٣ — ٣) .



(شكل رقم ٢٣ — ٣)

٢ — الزمن :

وهو كما ذكر قبل هذا يتوقف على درجة حرارة الحمأة فى الحوض . فهو ستة أشهر فى الأحواض التى لا رقابة عليها بالنسبة لدرجة الحرارة وينخفض إلى ٣٠ — ٦٠ يوم فى التخمير الميزوفيلى ويعود وينخفض إلى عشرة أيام فى التخمير الترموفيلى .

٣ — معدل حقن الحوض بالحمأة وجودة مزج الحمأة الداخلية مع الحمأة الموجودة بالحوض :

إن إنتظام معدل إدخال الحمأة فى الحوض وكذلك جودة المزيج مهمان لجودة توزيع المواد العضوية فى جسم الحوض إذ أن هذه المواد العضوية هى المواد المغذية التى تنشط عليها البكتيريا الاهوائية — كما أن لجودة المزج أهمية لانتظام درجة الحرارة — وبالاضافة إلى ذلك فان المزج يساعد على تكسير الخبث الطافى على سطح الحوض والذى يتعارض مع صعود الغازات إلى مكان تجميعها ؛ كما يساعد على رسوب هذا الخبث إلى قاع الحوض .

٤ – درجة تركيز التأين الايدروجيني (pH) :

فقد أثبتت التجارب والخبرة ضرورة حفظ درجة التأين الايدروجيني ما بين ٧ ، ٨ للحصول على تخمر كامل ، بينما تهبط درجة التخمر إذا قل التأين الايدروجيني إلى ٦ ويتوقف جملة إذا وصل التأمين الايدروجيني إلى ٤.٥ ويمكن التحكم في تركيز التأين الايدروجيني باضافة الجير لرفعه إلى الدرجة المطلوبة .

٥ – نوع الحمأة المراد تخميرها (Quality of sludge) :

فقد اثبتت التجارب العملية والخبرة في محطات المعالجة اختلاف في الزمن لتخمير الحماة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية فقطعن الزمن اللازم لتخمير حماة الناتجة من عمليات المعالجة بالمرشحات الزلط بنوعيها العادية والسريعة ، وكذلك عن الزمن اللازم لتخمير حماة من عمليات الحمأة المنشطة .

ويمكن قياس درجة التخمر الذى حدث في حوض بالمعادلة الآتية :

$$P = \left[1 - \frac{(100 - R)D}{(100 - D)R} \right] 100$$

حيث p = النسبة المئوية لخفض المواد العضوية .

R = نسبة المواد العضوية في الحمأة قبل التخمير .

D = نسبة المواد العضوية في الحمأة المخمرة .

كما يعتبر حوض التخمير في حالة جيدة بالنسبة لتشغيله اذا توافرت فيه الشروط الاتية :

١ – إحتواء الغاز الناتج من التخمير على نسبة من الميثين تتراوح من ٥٥٪ – ٧٥٪ .

٢ — مجموع نسبة الميثين وثانى أكسيد الكربون فى الغاز الناتج من التخمير حوالى ٩٥ ٪ .

٣ — نسبة المواد الصلبة فى الحمأة المخمرة حوالى ١٠ ٪

٤ — نسبة المواد العضوية فى الحمأة المخمرة حوالى ٥٠ ٪ من مجموع المواد الصلبة فيها .

٥ — درجة تركيز التأمين الايدروجينى تتراوح من ٧ — ٨ .

٦ — درجة القلوية (alkalinity) أكبر من ٣٥٠٠ جزء فى المليون .

٧ — عدم احتواء الحمأة المخمرة على نسبة ملحوظة من الزيوت والمواد الدهنية .

٨ — الحمأة المخمرة سوداء اللون . يسهل تجفيفها . لا رائحة كريهة لها .

اسس تصميم احواض التخمير

يمكن تقدير حجم الحمأة المجمعة فى الحوض أثناء عملية التخمير بالمعادلة الآتيـة :

$$C = \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) T$$

حيث C = حجم الحمأة المجمعة فى الحوض .

V_1 = حجم الحمأة التى تدخل يومياً إلى الحوض .

V_2 = حجم الحمأة التى تخرج يومياً أى الحجم الذى تصير إليه الحمأة حجمها أصلا V_1 بعد أن يتم تخميرها

T = زمن التخمير بالأيام .

مثـال : المطلوب تصميم أحواض التخمير اللازمة لمدينة تعدادها ربع مليون نسمة إذا علم الآتى :

المواد العالقة /شخص/يوم = ٩٠ جرام

درجة حرارة حوض التخمير = ٧٠° فهرنهايت

الكفاءة الكلية لعملية التنقية = ٩٠ ٪

نسبة الرواسب فى الحمأة قبل التخمير = ٤ ٪

نسبة الرواسب فى الحمأة بعد التخمير = ٩ ٪

الحـــل :

كمية المواد العالقة / اليوم = $\frac{٩٠ \times ٢٥٠٠٠٠}{١٠٠٠}$

= ٢٢٥٠٠ كيلوجرام

يرسب منها ٩٠ ٪ فى حوضىَ الترسيب أى ٢٠٢٥٠ كيلوجرام .

∴ الوزن الكلى للحمأة = $\frac{٢٢٠٥٠}{٤} \times ١٠٠$

= ٥٠٦٢٥٠ كيلوجرام /يوم

∴ =حجم الحمأة المجمعة = ٥٠٦,٢٥ متر٣/يوم

وبفرض أن ٦٠ ٪ من هذه المواد المرسبة مواد عضوية .

∴ كمية المواد العضوية = ٢٠٢٥٠ × ٠,٦

= ١٢١٥٠ كيلوجرام /يوم

∴ المواد الغير عضوية = ٨١٠٠ كيلوجرام /يوم

وبفرض أن ٤٠٪ من المواد العضوية سيتم تخميرها وتحويلها إلى غازات وسوائل فى نهاية فترة التخمير

∴ كمية المواد العضوية المتبقية = ١٢١٥٠ × ٠٫٦ =

= ٧٣٠٠ كيلوجرام/يوم

∴ مجموع الرواسب المتبقية = ٧٣٠٠ + ٨١٠٠

= ١٥٤٠٠ كيلوجرام

∴ الوزن الكلى للحمأة بعد تخميرها = $\frac{١٥٤٠٠}{٩}$ × ١٠٠

= ١٧٠٠٠٠ كيلوجرام

∴ V_2 = حجم الحمأة بعد التخمير = ١٧٠٫٠٠ متر^٣/يوم

وبالرجوع إلى شكل ٢٣ — ٣ نجد أنه لدرجة حرارة ٧٠° فهرنهايت يلزم زمن قدره ٤٠ يوماً = T

∴ حجم حوض التخمير = $\left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) T$

= $\frac{٥٠٦٫٢٥ + ١٧٠٫}{٢}$ × ٤٠

= ١٣٥٢٠ متر مكعب

يضاف إلى ذلك حجم مناسب للسائل المتجمع فوق الحمأة (Supernatant) والغازات فيصل الحجم الكلى إلى ١٨٠٠٠ متر^٣

ونظراً لصعوبة تحديد قيمة V_2 ، T نظرياً فأنه يعتمد على الخبرة العملية فى تقدير حجم أحواض التخمير ويوضح الجدول رقم (٢٣ — ١) السعة اللازمة لأحواض التخمير فى الحالات المختلفة :

جدول رقم (٢٣ – ١)

سعة أحواض تخمير الحمأة

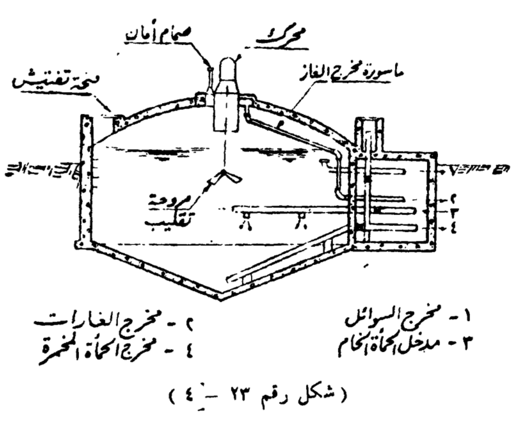
نوع الحمأة	السعة بالقدم المكعب لكل شخص بدون تسخين	السعة بالقدم المكعب لكل شخص بتسخين إلى درجة ٣٠–٣٧ درجة
حمأة ناتجة من ترسيب ابتدائى	٤ – ٦	٢ – ٣
حمأة ناتجة من معالجة بالمرشحات	٦ – ٨	٣ – ٤
حمأة ناتجة من معالجة بالمرشحات السريعة	٨ – ١٠	٤ – ٥
حمأة ناتجة من معالجة بالحمأة المنشطة	٧ – ١٢	٤ – ٦

أما الشكل العام لحوض التخمير فهو بيضاوى أو اسطوانى ذو قاع مخروطى الشكل لسحب الحمأة بعد التخمير من رأس المخروط – كما يزود الحوض بمخرج للسائل المتجمع فوق الحمأة المخمرة (superratant liquor) على أن يعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الابتدائى ليعاد معالجته مع المخلفات السائلة الواردة إلى محطة المعالجة نظراً لشدة تعفنه وارتفاع قيمة الأكسوجين الحيوى له .

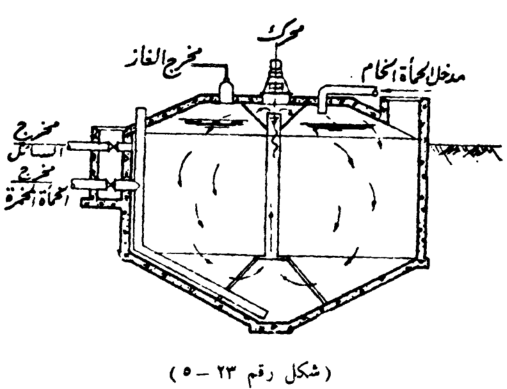
وهناك نوعان لاحواض التخمير بالنسبة للغطاء المستعمل للحوض :

١ – أحواض ذات غطاء ثابت (Fixed Cover) (شكل ٢٣ – ٤ . ٢٣ – ٥) :

وهى تتميز بانخفاض التكاليف الإنشائية للحوض وبالنتائج الحسنة فى التشغيل . ويجب أن تزود هذه الأحواض بفتحات محكمة فى السقف يمكن فتحها عند الحاجة إلا أنه يجب أخذ إحتياطيات لمنع الإنفجار أو حدوث حرائق عند فتح هذه الفتحات .



(شكل رقم ٢٣ – ٤)



(شكل رقم ٢٣ – ٥)

كما أنه من أهم عيوب هذا النوع من الأحواض احتمال حدوث ضغط أقل من من الضغط الجوى داخل الحوض عند سحب كمية من الحمأة المخمرة من قاع الحوض الأمر الذى يوجب سرعة إضافة جرعة من الحمأة الغير مخمرة إلى الحوض — وإلا تسرب الهواء إلى داخل الحوض — ويمكن التغلب على هذا الغيب بادخال كميات من الغاز الناتج من التخمير إلى الحوض عند عدم توافر كميات من الحمأة تضاف إلى الحوض بدلا من الحمأة التى سحبت منه

١ — أحواض ذات غطاء عائم :

(Floating Cover tanks) ((شكل ٢٣ — ٦) :

وهذا النوع من الأحواض له المزايا الآتية :

١ — عدم وجود متاعب من تجمع الخبث إذ أن الغطاء العائم يضغط على الخبث ليغمره السائل الناتج من التخمير .

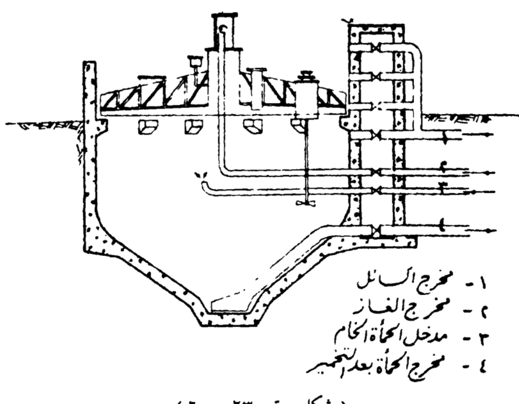
٢ — نظراً لتحرك الغطاء إلى أعلى أو إلى أسفل فان الأمر لا يحتاج إلى إضافة أو سحب كمية من الغازات أو السائل المتجمع فوق الحمأة المخمرة عند سحب أو إضافة كمية من الحمأة من قاع الحوض كما هو الحال فى الأحواض ذات الغطاء الثابت .

٣ — ندرة احتمال حدوث انفجارات نتيجة اختلاط الأكسوجين الجوى بالغاز داخل الحوض .

٤ — لا يحتاج الأمر إلى ضرورة انشاء خزان للغازات ملحق بالحوض نظراً لإمكان تجميع الغاز تحت الغطاء المتحرك وسحبه للاستعمال مباشرة .

طرق تسخين الحوض :

والطرق المتبعة لتسخين حوض التخمير حتى درجة ٣٠ — ٣٧ درجة مئوية هى :



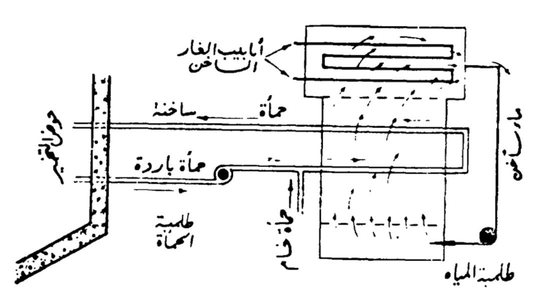
(شكل رقم ٢٣ - ٦)

١ - تزويد الحوض بشبكة من المواسير المعلقة على جوانب وداخل الحوض ، على أن يمر فى هذا المواسير مياه ساخنة درجة حرارتها لا تزيد عن ٥٠ درجة مئوية ، خوفاً من جفاف الحمأة حول هذه المواسير مكونة طبقة عازلة تمنع وصول الحرارة إلى بقية الحمأة .

٢ - سحب الحمأة من الحوض وتسخينها عن طريق وحدات تبادل الحرارة مع المياه الساخنه (Heat Exchange units) (شكل ٢٣ - ٧) .

٣ - حقن بخار الماء داخل الحوض .

٤ - حقن مياة ساخنة فى ماسورة طرد الطلمبات التى تدفع الحمأة إلى أحواض التخمير لتخلط مع الحمأة قبل دخولها إلى الحوض .



(شكل رقم ٢٣ - ٧)

طرق التقليب للحمأة فى أحواض للتخمير :

لما كانت درجة الحرارة وكذلك درجة تركيز التأمين الأيدروجيني ودرجة قلوية الحمأة فى أحواض التخمير عوامل هامة فى جودة عملية التخمير فأنه يلزم تقليب الحمأة فى الحوض للتأكد من عدم اختلاف هذه العوامل من مكان لآخر فى الحوض - ويتم هذا التقليب بأحد الطرق الآتية :

١ - تركيب ماسورة رأسية فى محور الحوض تنزل إلى ما يقرب من ثلثى أو ثلاث أرباع عمق الحوض وبداخل هذه الماسورة يوجد قلاب حلزونى متصل بمحرك كهربائى يوجد فوق غطاء الحوض سواء كان هذا الغطاء ثابتاً أو متحركاً .

ويدار المحرك الكهربائى فيدير القلاب الحلزونى فترتفع الحمأة فى الماسورة الرأسية إلى قمتها حيث تخرج لتعود إلى الحوض (شكل ٢٣ - ٥) وتستمر هذه العملية مدة ساعة أو ساعتين يومياً يتم فيها تقليب الحمأة فى الحوض .

٢ — تقليب بطرق ميكانيكية عن طريق محرك كهربائى يوجد فوق غطاء الحوض . هذا المحرك يدير عامود داخل الحوض مركب عليه مروحة تقوم بتقليب الحمأة أثناء دورانها (شكل ٢٣ — ٤ ، ٢٣ — ٦) .

الغازات الناتجة من تخمير الحمأة :

يتصاعد الغاز من الحمأة أثناء التخمير إلى حيز ضيق فى أعلى الحوض ومنه يصل إلى قبة الغاز (gas dome) الذى يجب أن تكون قمتها مرتفعة عن أعلى منسوب للحمأة أو للسائل الناتج من التخمر بما لا يقل عن متر وربع — وبالقرب من قمة هذه القبة تخرج ماسورة سحب الغازات إلى خزان الغاز حيث يحفظ تمهيداً لاستعماله .

ويتوقف حجم خزان الغاز على مدى الاستفادة منه — فاذا كان جميع الغاز المتصاعد من حوض التخمير يستعمل لأغراض التسخين أو التدفئة أو أغراض صناعية أخرى . فانه من المفضل أن يكون حجم الحوض كافياً لحفظ الغاز المتصاعد لمدة يوم كامل وإلا أمكن خفض هذا الخزان إلى ٥٠٪ من حجم الغازات المتصاعدة — وهناك أكثر من نوع لهذه الخزانات منها ما يحفظ فيه الغاز تحت ضغط على أن يضغط فيه الغاز بقوة كابسات للغاز (gas Compressor) .

ويتراوح معدل الغاز الذى يتصاعد من عملية التخمير من ٠.٧٥ إلى ١.٢٥ قدم مكعب للشخص فى اليوم — ويتوقف هذا على العوامل التى سبق ذكرها والتى تؤثر على جودة عملية التخمير — والقيمة الحرارية لهذه الغازات تتراوح من ٦٠٠ إلى ٨٠٠٠ وحدة حرارية إنجليزية لكل قدم مكعب .

التخمير على خطوات (Stage Digestion) :

والمقصود بهذا هو تخمير الحمأة فى حوضين على التوالى — على أن تبقى الحمأة فى الحوض الأول من ستة إلى ثمانية أيام وفى الحوض الثانى من ٢٢

إلى ٢٤ يوم – وفى هذه الحالة تتصاعد معظم غازات التخمر من الحوض الأول ولذلك فانه يمكن قصر عملية التسخين على الحوض الأول بينما يترك الحوض الآخر دون تسخين، كما يمكن أن يكتفى بتغطية الحوض الأول دون الثانى - وفى كلتا الحالتين إقتصاد فى التكاليف .

وقد عملت تجارب بقصد تعريض الحمأة فى الحوض الأول لدرجة حرارة عالية من ٤٥ – ٥٠ درجة مئوية (Thermophelic digestion) دون تسخين للحوض الثانى وقد أدت هذه التجارب إلى نجاح فى النتائج .

استعمالات الجير والكربون المنشط للمساعدة فى تخمير الحمأة :

يضاف الجير (Lime) أحياناً إلى الحمأة أثناء عملية التخمير بغرض رفع درجة تركيز التأين الايدروجينى (ph) ولمنع فوران الحوض (foaming) وتتغير جرعة الجير اللازم اضافته من حالة إلى أخرى ولكنها عادة تتراوح من ٢ إلى ٤ كيلوجرام لكل ١٠٠٠ شخص يومياً – على أن تضاف هذه الكمية على جرعات صغيرة على طول اليوم وبحيث يتم مزجها فى الحوض بسرعة .

ويستعمل الكربون المنشط (Activated Carbon) فى أحواض تخمير الحمأة للأغراض الآتية :

١ – رفع درجة تركيز التأين الايدروجينى :
٢ – منع الفوارق فى الحوض .
٣ – زيادة فى كمية الميثين الناتج أثناء التخمير .
٤ – منع توالد الروائح فى الحمأة أثناء التخمير .
٥ – زيادة سرعة تجفيف الحمأة .

وتقدر الجرعة اللازمه من الكربون المنشط بما يتراوح من ٢ ٪ إلى ١٠٪ من وزن المواد العضوية فى الحمأة المضافة إلى الحوض .

٢ ـ معالجة الحمأة بالتركيز

Sludge Concentration

والمقصود بذلك هو تركيز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية فى أحواض خاصة تسمى أحواض التركيز (Sludge thickening tanks) حيث تترك الحمأة لساعات .

وحوض التركيز يشبه فى الشكل العام حوض للترسيب العادى — فهو دائرى المسقط الأفقى له قاع مخروطى الشكل — تدخل الحمأة إلى مركز الحوض بمعدل يتراوح من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ جالون لكل قدم مربع من سطح الحوض يومياً — ويحتوى الحوض على أذرع تدور ببطىء شديد — وتخرج الحمأة المركزة من رأس القاع المخروطى بينما يخرج السائل الذى يطفو على سطح الحمأة المركزة عن طريق هدار بطول محيط الحوض .

والحمأة المركزة الخارجة من هذا الحوض تحتوى على حوالى ١٠ ٪ مواد صلبة وحوالى ٧٥ ٪ من هذه المواد الصلبة . مواد عضوية وينتج عن عملية تركيز الحمأة خفض الحجم الكلى للحمأة إلى ٦٠ ٪ من حجمها الأصلى :

والسائل الذى يخرج من حوض التركيز يحتوى على مواد صلبة حوالى ١٠٠ جزء فى المليون بينما يكون الأكسوجين الحيوى لهذا السائل حوالى ١٥٠ جزء فى المليون — ويعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الابتدائية ليمر خلال عملية المعالجة مختلطة بالمخلفات السائلة لتخرج معها بعد معالجتها .

٣ - معالجة الحمأة بالكيماويات

Chemical Treatmeut of Sludge

يضاف إلى الحمأة كثير من المواد الكيماوية بغية تحسين حالتها بالنسبة لقابليتها للترشيح خاصة فى آلات التجفيف بطريقة خلخلة الهواء ومن أمثلة هذه المواد الكيماوية: حامض الكبريتيك (Sulfuric acid) والشبة(alum)؛ مسحوق العظام (bone ash) . عجينة الورق (paper bulb) الطين (clay) . إلا ان اكثر هذه المواد استعمالا حالياً هو كلوريد الحديديك (Ferric Chloride) مع استعمال الجير (Lime) .

وتتراوح كمية الجير المضافة من صفر إلى ١٠ ٪ من وزن المواد الصلبة فى الحمأة — بينما تتراوح كمية كلوريد الحديديك المضافة من ٣ إلى ١٠ ٪ ولتحديد الجرعة المناسبة من كل من الجير وكلوريد الحديديك يجب عمل إختبارات معملية وحقلية فى الموقع .

وتتم إضافة الجير وكلوريد الحديديك إلى الحمأة فى أحواض خاصة لمدة عشرين دقيقة تنتقل بعدها الحمأة إلى المرشحات لتجفيفها .

٤ - غسيل الحمأة

Sludge Elutration

وتتلخص هذه العملية فى إضافة ماء نظيف نسبياً إلى الحمأة بما يعادل ضعفها أو أكثر ثم تترك الحمأة لترسب فى المواد العالقة قاع الحوض بينما تخرج الماء من أعلى الحوض .

وتتم عملية غسيل الحمأة بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق فى الحوض إما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط فى الحوض

لترسب المواد العالقة إلى القاع . وتتراوح نسبة الحمأة إلى المياه المضافة من ١ : ١.٥ إلى ١ : ٤.٥ .

ومن فوائد عملية غسيل الحمأة ما يأتى :

١ - عدم الاحتياج إلى إستعمال الجير مع كلوريد الحديديك .

٢ - خفض حوالى ٦٠ - ٧٠ ٪ فى كمية كلوريد الحديديك المستعملة .

٣ - زيادة فى قابلية الحمأة للترشيح .

٤ - خفض نسبة الرماد (ashes) فى الحمأة المجففة .

الباب الرابع والعشرون

التخلص من المخلفات السائلة فى القرى والمبانى المنعزلة

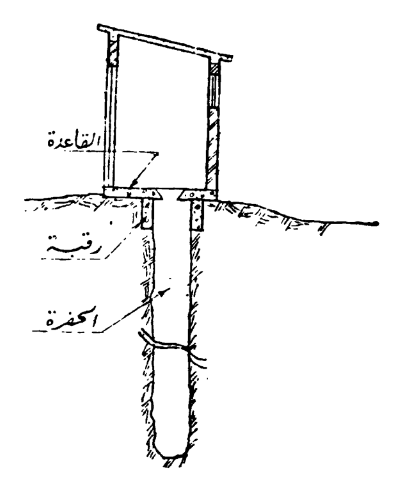
Rural Sewage Disposal

رأينا عند الحديث عن المخلفات السائلة فى المدن أنها تجمع من المنازل فى شبكة مواسير الصرف الصحى العمومية تحت سطح الأرض تؤدى بها إلى نقطة واحدة (أو أكثر) حيث يتم التخلص منها أو علاجها بالعمليات المناسبة - أما فى القرى والمبانى المنعزلة فأنه من الصعب جمع المخلفات السائلة بنفس الطريقة لأسباب هندسية واقتصادية فبعد المسافات بين المبانى وقلة كمية التصرف بالنسبة للمساحة يتعذر معه انشاء مواسير تسير فيها المخلفات السائلة بالانحدار الطبيعى بسرعة مناسبة تمنع ترسب المواد العالقة بها يضاف إلى ذلك التكاليف الباهظة - مع قلة المنتفعين - لتوصيل هذه المخلفات إلى عملية معالجة أو نقطة تخلص قد تكون بعيدة - ولذلك فأنه يتم التخلص من المخلفات فى هذه الأحوال بتزويد كل منزل أو عدة منازل بطريقة مباشرة للتخلص من المخلفات السائلة دون جمعها فى شبكة عمومية .

ويمكن تقسيم طرق التخلص من هذه إلى قسمين :

اولا - عند عدم وجود مياه جارية بالمنزل

وفى هذه الحالة تكون المخلفات عبارة عن المواد البرازية والفضلات الصلبة التى لا يمكن نقلها بالمواسير إلى أى مسافة من المرحاض لعدم احتوائها على الكمية الكافية من الماء التى يمكن معها هذا النقل -- وهذه الحالة موجودة فى القرى المصرية التى لم توصل بعد بشبكات المياه الصالحة للشرب (التى توزع المياه فيها عن طريق حنفيات عامة خارج المنزل) والطريقة المتبعة فى هذه الحالة هى انشاء مرحاض أو أكثر فى كل منزل . وهناك نوعان من هذه المراحيض معروفان بمرحاض الحفرة ومرحاض الخزان .



(شكل رقم ٢٤ — ١)

١ — مرحاض الحفرة (شكل ٢٤ — ١) .

ويكون من الحفرة — والرقبة — والقاعدة (البلاطة) ومبنى المرحاض وطريقة انشائة كالآتى :

أ — تثقب الحفرة فى الأرض بحفارة خاصة ذات بريمة مركبة على نصبة من ثلاثة أرجل — وهناك حفارات مختلفة الأقطار إلا أنه يفضل قطر ١٦ بوصة لأن القطر إذا زاد عن ذلك أصبحت إدارة الحفارة صعبة وإذا نقص قلت سعة الحفرة ويتراوح عمق المرحاض من ٥ إلى ٧ أمتار — ونظراً لأن التربة المصرية غرينية سوداء أو صفراء متماسكة فان جوانب الحفرة

لا تنهار ولا تحتاج إلى عمل بطانة لسندها .

ب — ورقبة المرحاض تتكون من اسطوانة مفتوحة الطرفين بارتفاع لا يقل عن ٣٥ سم وقطر يزيد قليلا عن قطر حفرة المرحاض وتكون عادة من الخرسانة وتوضع الرقبة فى أعلى الحفرة عند سطح الأرض وأسفل البلاطة المرحاض لمنع انهيار الأتربة فى أعلى المرحاض — وفى حالة ارتفاع المياه الجوفية لا تدفن الرقبة كلها وإنما يدفن جزء صغير منها ويردم حول الجزء البارز فوق الأرض وبذلك تعلو القاعدة عند مستوى المياه الجوفية .

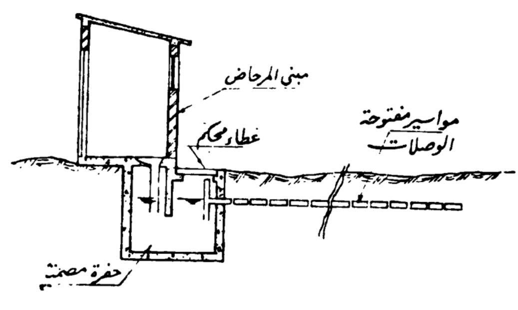
جـ — وقاعدة المرحاض يجب أن تصنع من مادة صلبـة بمقاسات ١.٦٠ — ٠.٨ متر صماء لا تنفذ منها السوائل ويحسن أن تكون من الخرسانة المسلحة وتكون بها فتحة متوسطة السعة وعلى جانبيها دواستان مرتفعتان ارتفاعا مناسباً . كما يجب أن يكون سطح البلاطة منحدراً نحو الفتحة لضمان صرف السوائل إلى الفتحة — ويحسن تزويد البلاطة بغطاء متحرك للفتحة يمنع وصول الذباب إلى داخل الحفرة .

د — مبنى المرحاض : يجب أن يقام للمرحاض مبنى خاص متسم بالبساطة والنظافة والراحة حسن التهوية والإضاءة .

ويقدر عمر المرحاض بأربعة أعوام فى المتوسط متوقفاً على التربة وكمية الاستعمال والعناية . وتختلف الآراء على الإجراء الواجب اتخاذه بعد امتلاء الحفرة — فرأى ينصح بردمها وحفر مرحاض آخر ورأى آخـر ينصح بكسحها واستعمال محتوياتها كسماد وإعادة إستعمال المرحاض .

٢ — مرحاض الخزان : (شكل ٢٤ — ٢) : Aqua privy

وهو عبارة عن حفرة مضلعة الشكل تختلف حجمها تبعاً لعدد الأشخاص الذين يستعملون المرحاض ولا يقل هذا الحجم عادة عن متر مكعب للمنزل



(شكل رقم ٤٢ - ٢)

الذى يسكنه ستة أشخاص - وحوائط الحفرة وقاعها مبطنة بالخرسانة المسلحة أو العادية - وللمرحاض قاعدة ١.٦٠ - ٠.٨٠ متر مشابهة لقاعدة مرحاض الحفرة ومرحاض الخزان يتميز بامكان انشائه فى التربة المفككة أو الرملية وأن كان يزيد فى تكاليفه عمل البطانة .

هذا ويجب أن نلاحظ الاشتراطات الصحية فى اختيار موقع المرحاض وأهمها :

١ - أن تتوافر نسبة الأبعاد المقررة عن مصادر مياه الشرب والاستعمال المنزلى وهناك رأى بأنه يجب ألا يقل بعد المرحاض عن هذه المصادر بأى حال من الأحوال عن ٣٠ متراً .

٢ - وأن يكون فى الجهة التى يتجه فيها سير المياه الجوفيه من نهر الماء إلى المرحاض .

ونظرية التخلص من المخلفات بهذه المراحيض تعتمد على تسرب السوائل إلى باطن الأرض عن طريق ماسورة مفتوحة الوصلات تتسرب السوائل خلال وصلاتها المفتوحة إلى مسام الأرض أما المواد العضوية فتتحلل فى المرحاض متحولة إلى سوائل وغازات ولذلك يتحسن عمل ماسورة تهوية من المرحاض ترتفع إلى سطح المنزل . وبذلك لا يبقى من المواد الصلبة غير جزء بسيط منها هو الذى يتجمع ببطء على مر السنين .

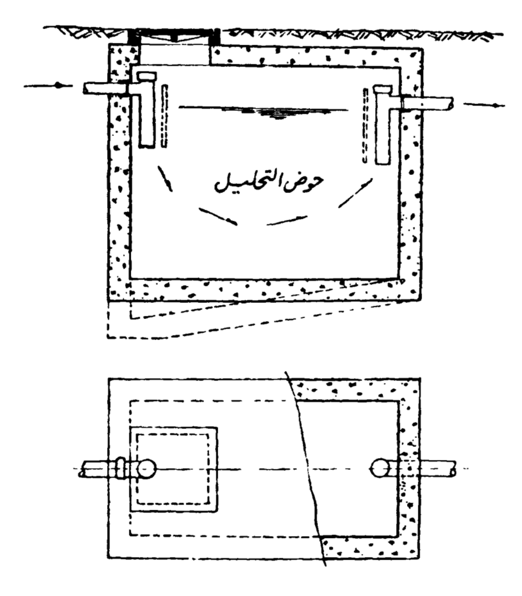
ثانيا - عند وجود مياه جارية فى المنازل

وعندئذ يتم صرف مخلفات المبنى من الأجهزة الصحية بالأدوار المختلفة أعمدة التصريف كما يتبع فى المدن - وتصب هذه الأعمدة فى خزان أصم تحت الأرض يعرف بخزان التحليل تحجز فيه المخلفات السائلة لمدة معينة تخرج منه بعدها إلى الآبار المبيدة أو الرى السطحى أو الترشيح أو غيرها من العمليات التى سيأتى الحديث عنها فيما بعد .

خزان التحليل (أو التخمير) (septic tanks) (شكل ٢٤ - ٣) ، ٢٤ - ٤ ، ٢٤ - ٥) :

هى أحواض صماء من الطوب أو الخرسانة الغرض منها ترسيب أكبر كمية من المواد الصلبة الموجودة فى المخلفات السائلة وتعريضها لعوامل التحليل (التخمير) ونظراً لسكون المياه فى أحواض التحليل فان الموادالصلبة العالقة بالماء ترسب إلى القاع حيث لا يوجد أكسوجين أو ضوء فتنموا فيها الكتيريا اللاهوائية وتتكاثر وتأخذ عملية التحليل اللاهوائية أو التخمير فى تفتيت هذه المواد الصلبة وتحويل الجزء الأكبر منها التى سائل وغاز .

وتغطى أحواض التحليل بسقف من الخرسانة المسلحة إما أن يكون على أجزاء عرض ٣٠ سم وبذلك يمكن رفعها عند الحاجة إلى تنظيف

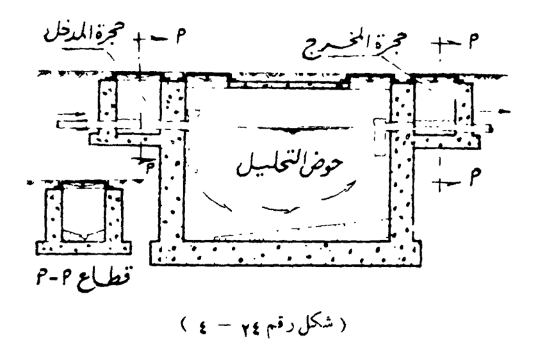


(شكل رقم ٢٤ - ٣)

الخزان - أو يعمل السقف قطعة واحدة على أن يعمل فيها فتحات كفتحات غرفة التفتيش حتى يمكن فتحها لتنظيف الحوض عند الحاجة .

ويشترط لنجاح أحواض التحليل توافر الشروط الآتية :

(١) أن تكون سرعة مرور المياه فيها بطيئة إلى الحد الذى يسمح بترسيب الجزء الأكبر من المواد الصلبة التى تحملها وأن تكون سعتها كافية بحيث لايقل



(شكل رقم ٢٤ - ٤)

عن ٢٥٠ لتر لكل شخص من سكان المبنى بشرط ألا تقل سعة الحوض بأى حال عن ٢ متر مكعب .

وتبنى الأحواض مستطيلة الشكل طولها ضعف أو ثلاثة أمثال عرضها ويتراوح عمقها بين ١.٢٠ - ١,٥٠ متر وتكون سعتها بحيث يبقى الماء فيها مدة تتراوح بين ١٢ ، ٢٤ ساعة ويجب ألا تزيد عن ذلك حتى لا تتعرض المواد العضوية الموجودة بالمياه لهجمات عوامل التعفن .

(٢) أن يكون دخول المياه إلى الأحواض وخروجها منها بطريقة تضمن عدم اثارة المواد التى تم ترسيبها ويتم ذلك بعمل فتحات دخول الماء وخروجه تحت سطح الماء وبحيث تكون مرتفعة عن مستوى المواد الراسبة بمسافة تكفى لمنع إثارة هذه المواد .

ويتم ذلك باستعمال مشتركات أو حواجز خشبية - كما أن لهذه الطريقة فائدة أخرى وهى منع اختصار الماء لمسارة short circuits بمروره سطحياً

من المدخل إلى المخرج وكذلك تمنع دخول المواد الدهنية العائمة على سطح الماء إلى الأنابيب الخارجة من الحوض .

(٣) وعند حساب سعة أحواض التحليل يجب ملاحظة ترك حيز كاف لتخزين الرواسب فيها — وعادة يكون هذا العمق حوالى ٣٠ سم كما يفضل أن يميل قاع الحوض نحو المدخل إذ أن الجزء الأكبر من المواد الصابة ترسب عند دخولها إلى الحوض مباشرة .

وتتميز أحواض التحليل باستمرار عملها دون الحاجة إلى عناية خاصة وكذلك عدم حاجتها إلى التنظيف أكثر من مرة كل بضع سنوات إذا روعى فى تصميمها الاشتراطات السابق ذكرها .

المواد الصلبة المرسبة :

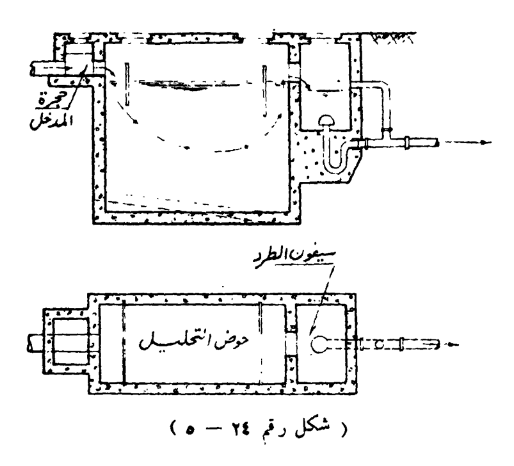
أما الجزء الصلب الذى يرسب فى قاع الخزان ولا يتحول إلى غاز أو سائل فأنه يصبح مع الوقت مادة سوداء تشبه الطينة عديمة الرائحة تصلح لأن تكون سماداً جيداً للأرض .

الغاز الناتج من التحليل وتهويته :

ويتصرف الغاز الناتج عن هذه العملية (وهو غاز قابل للالتهاب) بواسطة أنبوبة للتهوية بجوار جدران حوض التحليل فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلى حائط قريب حيث تصعد مرتكزة إلى الحائط مع ترك فوهتها مفتوحة للجو بعيداً عن نوافذ المبانى مع حماية هذه الفوهة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن .

غرف تفتيش المدخل والمخرج :

كما أنه يفضل فى بعض الأحيان عمل حجرة تفتيش عند المدخل والمخرج حتى يمكن تسليك المواسير عند الحاجة (شكل ٢٤ — ٤) كما أنه يعمل



(شكل رقم ٢٤ — ٥)

فى الأحيان قواطيع فى الحوض تقسمه إلى قسمين أو ثلاثة — وفى هذه الحالة يعمل فتحات فى القواطيع تمر بها الماء من قسم إلى آخر .

طرق معالجة والتخلص من السائل الخارج من أحواض التحليل :

من البديهى أن السائل الذى يدخل أحواض التحليل يخرج منها بعد تخلصه من جزء كبير بعد المواد الصلبة القابلة للترسيب إلا أنه لا يزال محملا بالمواد العضوية الذائبة فيه والمواد الصلبة الدقيقة التى لم ترسب لصغر حجمها وتقدر مجموع كمية المواد الصلبة التى تحملها السائل عند خروجه من حوض التحليل بثلث كمية المواد التى كان يتحملها عند دخوله . كما أنه يحتوى على كمية كبيرة من المكروبات ولهذا فهو عظيم الخطر على صحة السكان ويجب التخلص منه بطريقة سليمة لا يؤذى الصحة العامة .

وتتم هذه الخطوة باحدى العمليات الآتية :

(ا) الرى السطحى .

(ب) الرى تحت سطح الأرض .

(ج) الترشح .

أ - الرى السطحى Surface Irrigation

وفى هذه الطريقة يستعمل السائل الخارج من أحواض التحليل فى رى مساحات من الأراضى الزراعية أو الرملية المجاورة لحوض التحليل - إلا أنها لا تستعمل كثيراً للتخلص من المخلفات السائلة فى الأماكن المنعزلة بل تستعمل أكثر فى المدن (الباب الثانى والعشرون) ويفضل لنجاح هذه الطريقة الأرض المسامية وتقدر المساحة المطلوبة بفدان لكل ٣٠ - ١٠٠ شخص وتمكن زراعة جميع أنواع النباتات فى الأرض التى تروى بمياه المتخلفات الخارجة من أحواض التحليل ما عدا النباتات التى تنمو ثمارها تحت سطح الأرض مثل البطاطس والبطاطة والجزر والفول السودانى أو التى تتدلى ثمارها قريباً من سطح الأرض مثل الطماطم والباذنجان والكرنب والقرنبيط والعنب ... إذ يخشى على هذه الثمار من التلوث بالميكروبات التى توجد فى مياه المخلفات السائلة - أما الأنواع التى تكون ثمارها بعيدة عن سطح الأرض فلا خطر من تلوثها كالحبوب مثلا كما يفضل استعمالها لرى الأشجار الخشبية والقطن .

نظرية المعالجة مع التخلص بالرى السطحى :

تعتمد عملية التطهير والتخلص بالرى السطحى على العمل الذى تقوم به البكتريا الهوائية التى تتواجد فى التربة - إذ تهاجم البكتريا الهوائية المواد العضوية الموجودة بالمخلفات السائلة وتأكسدها أى تحولها إلى مواد غير عضوية

ثابتة ولابد من وجود الأكسوجين اللازم لها من الهواء المتخلل فى مسام الأرض ولذا يجب ملاحظة ألا تسد مسام الأرض بالمواد الطينية الموجودة فى المخلفات حتى لا تعجز البكتيريا الهوائية عن أداء مهمتها أو ربما تموت ولاتقاء ذلك تقسم الأرض إلى ثلاثة أجزاء أو أكثر تروى يوماً بعد يوم وبذلك تأخذ كل قطعة فترة راحة يتخلل فيها الهواء فى مسام الأرض كذلك تحتاج إلى خدمة مستمرة مثل حرث أو عزق .. خصوصاً إذا استعملت طريقة الرى بدون ترسيب سابق للمخلفات السائلة .

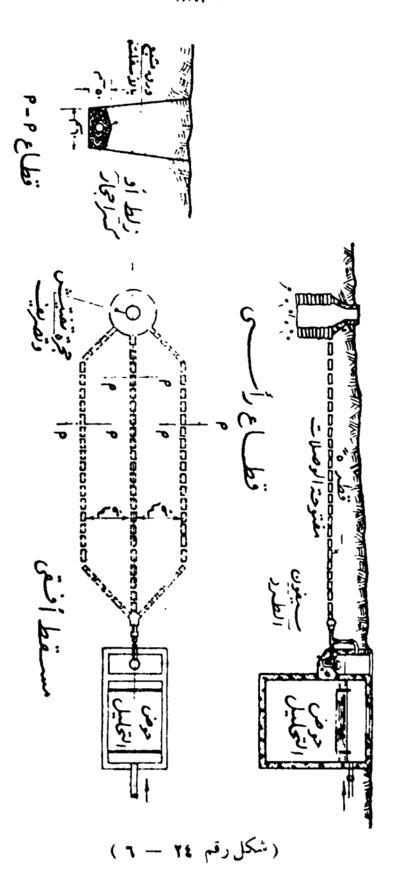
ب — الرى تحت سطح الأرض (Sub - Soil Irrigation) :

ونظرية المعالجة مع التخلص هى نفس نظرية الرى السطحى .

طريقة العمل :

فى هذه الطريقة يصرف السائل الخارج من حوض التحليل فى الأرض على عمق صغير يتراوح ما بين ٣٠ . ٥٠ سنتيمتراً وذلك بواسطة خط أو أكثر من المواسير المفتوحة الوصلات (شكل ٢٤ — ٦) وهذه الطريقة تمتاز بأنها لا تحتاج إلى عناية كبيرة كما أن هذه الطريقة تكون أقرب إلى النجاح كلما كانت الأرض مسامية مفككة وكذلك كلما كانت المواسير على أعماق صغيرة من سطح الأرض حيث يكثر وجود البكتيريا (تكاد تنعدم على عمق متر أو متر ونصف من سطح الأرض) .

ويصنع الجزء الأول من الأنبوبة الخارجة من حوض التحليل (بطول حوالى ١.٥ متر) من الفخار المزجج بلحامات بمونة الأسمنت والرمل ثم تبدأ بعد ذلك أنابيب التوزيع التى تقوم بتصريف السائل فى مسام الأرض وهذه تكون قصيرة طولها حوالى قدم تصنع من الفخـــار العادى غير المطلى



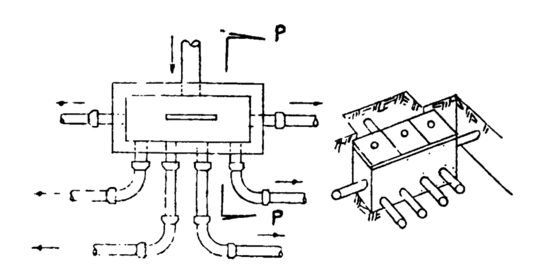
(شكل رقم ٢٤ — ٦)

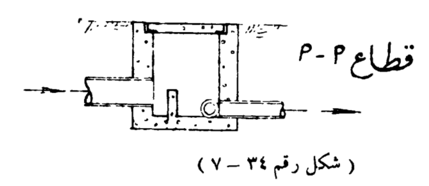
وبلا رؤوس وتوضع بحيث تكون المسافة بينها حوالى ١.٥ سم حتى تتسرب منها المياه إلى جوف الأرض وتوضع أنابيب التوزيع فى خنادق منحدرة إنحداراً خفيفاً يتراوح بين ١/٣٠٠ أو ١/٥٠٠ بعرض حوالى ٥٠ سم ثم يملأ الخندق حولها وبارتفاع بضعة سنتيمترات فوق سطحها العلوى بكسر الطوب أو الحجر أو الزلط مما يساعد على تسرب المياه منها إلى الأرض المجاورة كما أن النصف العلوى من الفتحة الموجودة بين ماسورتين يجب أن تغطى بقطعة من الورق أو الخيش المقطرن حتى لا تتسرب الأتربة داخل مواسير التوزيع .

ويختلف نظام تخطيط المواسير داخل الأرض حسب طبيعة الأرض نفسها ففى الأرض المنبسطة توضع فى خط مستقيم أو فى خطوط مستقيمة على ألا تزيد طول كل خط عن ٣٠ متر ويحتاج الأمر فى هذه الحالة إلى صندوق توزيع تخرج منه الخطوط المختلفة (شكل ٢٤ — ٧) ، كما يمكن مد خط مواسير محكم الوصلات من خزان التحليل ليتفرغ منه خطوط المواسير مفتوحة الوصلات يتم تسرب السائل خلال فتحاتها (سكل ٢٤ — ٨) . أما فى الأراضى المنحدرة أو الجبلية فتتبع المواسير خطوط الكنتور وربما احتاج الأمر فى هذه الحالة إلى أكثر من صندوق واحد على أن تكون المواسير الواصلة بين صناديق التوزيع مصمتة أى لا يتسرب منها الماء (شكل ٢٤ — ٩) .

حساب اطول المواسير :

يختلف طول أنابيب التوزيع اللازمة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل باختلاف طبيعة الأرض ودرجة مسميتها ويتراوح ما بين ٥ متر فى الأرض المسامية و ١٠ متر فى الأرض الزراعية المتماسكة لكل مائة لتر من سعة حوض التحليل — وهناك طريقة أدق لحساب طول المواسير المطلوب كالآتى : —





(شكل رقم ٣٤ – ٧)

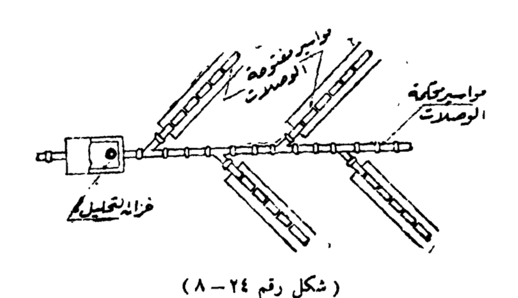
يحفر حفرة مساحتها ٣٠ × ٣٠ سم إلى العمق الذى ستوضع فيه المواسير ثم تملأ بالماء بعمق خمسة عشر سنتيمتراً ثم يلاحظ الزمن اللازم لتسرب هذا الماء فى الحفرة .. ثم يعاد هذا العمل فى عدة أماكن ويوجد المتوسط وباستعمال الجدول الآتى يمكن ايجاد المساحة اللازمة لتسرب الماء . فاذا ما قسمنا المساحة على عرض الخندق وهو حوالى ٥٠ سم أمكننا إيجاد طوال المواسير

الزمن اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة	المساحة السطحية لكل شخص
١٢ دقيقة أو أقل	٢,٥ متر ٢
١٨ دقيقة أو أقل	٣ متر ٢

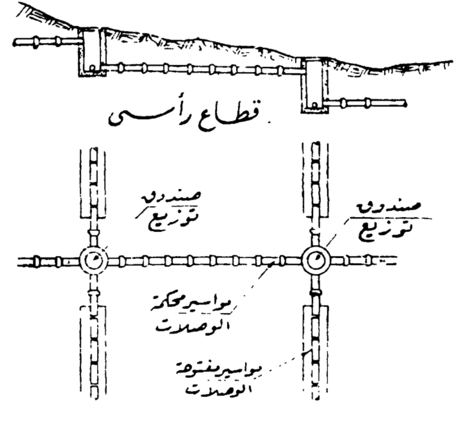
٢٤ دقيقة أو أقل	٣,٦ متر ٢
٣٥ دقيقة أو أقل	٤ متر ٢
٦٠ دقيقة أو أقل	٥,٢ متر ٢
٧٥ دقيقة أو أقل	٦,٣ متر ٢
١٨٠ دقيقة أو أقل	٩ متر ٢
٣٦٠ دقيقة أو أقل	١٢ متر ٢

ولا يصح إطلاقاً استعمال مساحة أقل من ١٥ مترا أى خندق طوله ٣٠ متر وعرضه نصف متر مهما كان عدد السكان قليل .

كما أنه فى حالة زيادة الوقت اللازم لتسرب الماء داخل الحفرة عن ثلاثمائة وستين دقيقة كان ذلك دليلا على صعوبة استعمال هذه الطريقة لتصريف المياه الخارجة من خزان التحليل . كما أن الفروع المتوازية من المواسير لابد أن توضع على مسافات لا تقل عن مترين وكلما زادت كان أحسن .



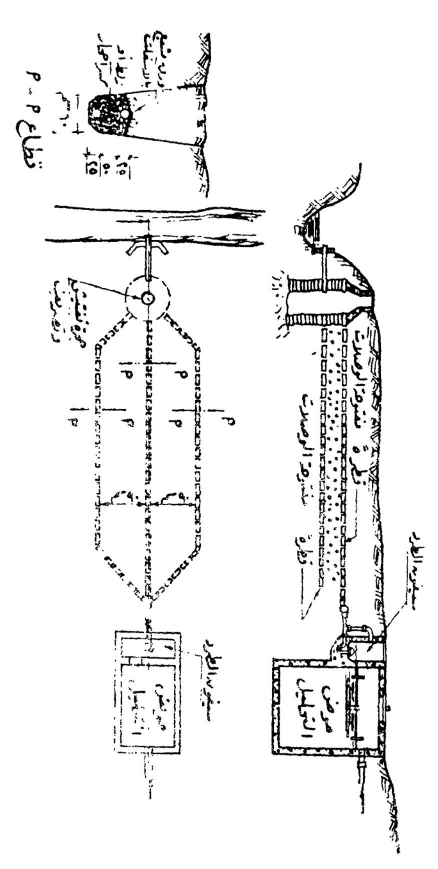
(شكل رقم ٢٤ — ٨)



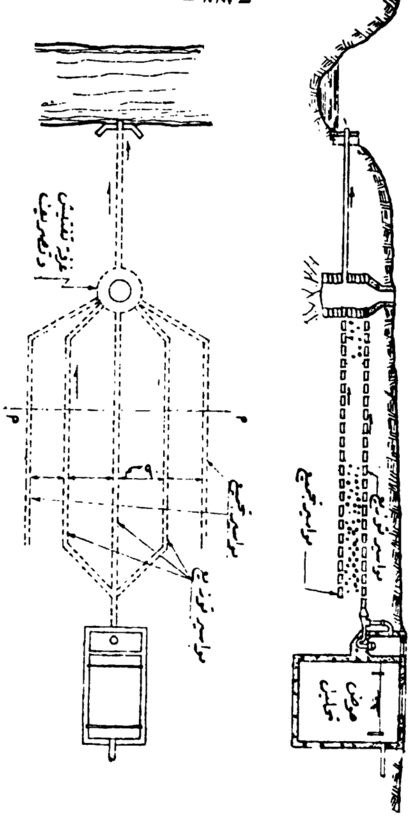
(شكل رقم ٢٤ – ٩)

وضع المواسير فى الارض المتماسكة :

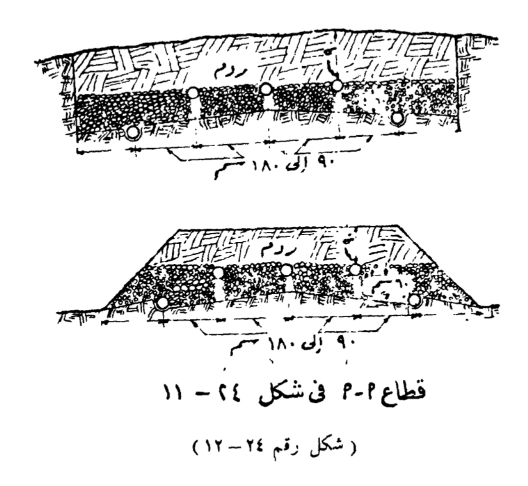
أما فى الأراضى المتماسكة التى يصعب تسرب الماء منها فتحفر الخنادق بعرض ٦٠ سم وعمق ١٢٠ وتوضع فى قاعها أنابيب للصرف من البرابخ قطر ٤" وتسند بكسر الحجر أو الطوب ثم يملأ الخندق بالرمل الحرش أو الزلط الرفيع بارتفاع حوالى ٧٥ سم ثم توضع أنابيب التوزيع التى تغطى بالزلط الحرش بارتفاع ٣٠ سم ثم طبقة من قش الأرز أو حطب القطن لمنع التراب من دخول مسام طبقة الزلط ثم يكمل ردم الخندق بالأتربة (شكل ٢٤ – ١٠ . ٢٤ – ١١ . ٢٤ – ١٢ . ٢٤ – ١٣) ويشترط فى هذه الطريقة أن توصل الأنابيب السفلية بمصرف وفائدة الخندق المملوء بالزلط فى هذه



(شكل رقم ٢٤ - ١٠)



(شكل رقم ٢٤ — ١١)



(شكل رقم ٢٤ - ١٢)

الحالة هو اتاحة الفرصة للبكتيريا الهوائية أن تعمل على أكسدة المواد العضوية الموجودة بالسوائل أثناء تسربه من الماسورة العلوية حتى إذا ما وصلت إلى الماسورة السفلية كانت السوائل قد تحول ما بها من مواد قابلة للتحليل إلى مواد عديمة الضرر غير قابلة للتحلل كذلك يكون قد تم ابادة الجزء الأكثر من ميكروبات الأمراض التى قد تكون بها - أى أن المياه تكون قد فقدت معظم خطرها على الصحة العامة ولذا يمكن التخلص منها فى مصرف مائى قريب بدون خطر أو خوف يذكر - وكثيراً ما يستغنى عن الأنابيب السفلية بعمل مجارى من الدبش أو الطوب .

أجهزة تنظيم المياه الخارجة من خزانات التحليل :

وأجهزة تنظيم توزيع المياه عبارة عن سيفونات أوتوماتيكية داخل غرف صغيرة تلحق بأحواض التحليل فتخرج المياه من الأحواض إليها وعندما يصل منسوب الماء فيها إلى حد معين تقذف بمحتوياتها دفعة واحدة إلى أنابيب التوزيع وفائدة هذه الأجهزة هي :

(١) توزيع الماء بانتظام على طول خط الأنابيب إذ بدونها يتلقى الجزء الأول من الأنابيب (القريب من خزان التحليل) كمية من الماء المتسرب من حوض التحليل أكثر من الجزء الأخير .

(٢) إعطاء أنابيب التوزيع فترة راحة يتم فيها تسرب ما قذف فيها من ماء وتهوية مسام الأرض بعده أثناء الفترة التي يمتلىء فيها جهاز التنظيم .

ولا تحتاج أحواض التحليل الصغيرة إلى أجهزة التنظيم لتوزيع المياه الخارجة منها أما الأحواض الكبيرة فيحسن أن يلحق بها مثل هذه الأجهزة [illegible] أنابيب التوزيع التي يخشى ألا تصل المياه التي تخرج من الحوض بكميات قليلة ومتقطعة إلى الأجزاء البعيدة منها وتتسرب كلها من الأجزاء القريبة من الأحواض فيؤدى ذلك إلى تحميل الأجزاء القريبة من الخزان أكثر من طاقتها وينتهى الأمر بامتلاء مسامها بالمواد الصلبة وتلوثها .

جـ - الترشيح Filtration

وهذا يستعمل في الحالات التي يصعب فيها استعمال طريقة الري السطحي أو الري تحت السطحي وذلك لقرب مياه الرشح أو كثرة المخلفات السائلة المتعفنة إذ يستدعي الحال عندئذ استعمال أطوال كبيرة من المواسير للري تحت سطح الأرض أو مساحات كبيرة للري السطحي - والمرشح المستعمل يعمل بنفس نظرية الري السطحي والري تحت السطحي إلا أنه في هذه الحالة يقوم المرشح [illegible] [illegible] من التربة الطبيعية في الأرض - كذلك يتم جمع المياه [illegible] المرشح و[illegible] منها .

تكوين المرشح :

تتكون هذه المرشحات من طبقة من الزلط أو كسر الحجر أو الفحم تنشر المتخلفات على سطحها — هذه الطبقة من الزلط توضع فى أحواض مستديرة أو مربعة أو مستطيلة تبنى حوائطها بالطوب بدون مونة إذا كانت فوق سطح الأرض وبمونة إذا كانت تحته — (فى هذه الحالة توضع أنابيب رأسية تصل إلى قاع طبقة الزلط وتسمح بمرور الهواء بالمرشح) — على أن يرتكز هذا الزلط على شبكة من أنصاف المواسير فى قاع الحوض تصب جميعها فى قناة رئيسية لصرف الماء من المرشح .

فاذا وزعت المخلفات السائلة بعد مرورها فى حوض التحليل على سطح المرشح أخذت فى التسرب خلاله حتى إذا ما وصلت إلى قاع المرشح أمكن جمعها فى شبكة المواسير بعد أن تكون قد تركت فى مسام الزلط ما بها من مواد عضوية عالقة ليصير تحويلها إلى مواد ثابتة بفعل البكتيريا الهوائية الموجودة فى المرشح ولذا يمكن التخلص منها فى مصرف زراعى قريب بدوى خطر أو خوف — إلا أنه نظراً لأن هذه المواد العضوية العالقة التى يحجزها المرشح تنفصل عن حبيبات الزلط وتترك المرشح مع السائل المتسرب خلاله على فترات بعد أن يتم تحويلها إلى مواد ثابتة ، فأنه يفضل دائماً أن تمر المخلفات السائلة بعد خروجها من المرشح على حوض ترسيب لحجز هذه المواد العالقة (شكل ٢٤ — ١٣) وتكون المخلفات السائلة بهذه المعالجة قد تخلصت من حوالى ٩٧ ٪ من المواد العالقة ، ٩٩ ٪ من البكتيريا .

طريقة توزيع مياه :

لابد أن يتم توزيع السوائل على سطح المرشحات بطريقة يراعى فيها انتظام التوزيع على أجزاء المرشح والا يكون التوزيع مستمراً بل متقطعاً

سير المياه بالانحدار الطبيعي

سير المياه عن طريق الرفع بالطلمبات

(شكل رقم ٢٤ – ١٣)

حتى تعطى فرصة للهواء ليتخلل مادة المرشح بعد مرور الماء فيه فيغذى البكتيريا بأحتياجاتها من الأكسوجين .

وطريقة التوزيع إما عجلة مائية يتم بواسطتها توزيع المياه بانتظام على كل جزء من سطح المرشح وتدار العجلة المائية هذه بكميات صغيرة من الماء ولذلك فهو يصلح لاستعمال أصغر المبانى

وهناك طريقة أخرى لتوزيع المياه بواسطة قنوات صغيرة العمق تمد فوق سطح المرشح وبكامل طوله فتوزع بانتظام على كل سطح المرشح وهذا النوع يصلح للمبانى التى لا يزيد سكانها عن ١٢ شخص .

د - مرشحات الرمل :

هذه لا تستعمل إلا فى المبانى التى لا يزيد سكانها عن ٢٥ شخصاً لأنها تحتاج إلى عناية خاصة كما تحتاج إلى مساحة من الأراضى أكبر مما تحتاج إليه مرشحات الزلط ولذا يقصر استعمالها على تطهير مخلفات المبانى العامة فى الجهات المنعزلة .

ويحسن أن يقسم المرشح إلى قسمين يستعمل كل قسم منها بالتناوب وتوزع المياه فى هذه المرشحات بواسطة غرف توزيع بداخلها سفونات أوتوماتيكية لامكان صرف المياه إلى المرشحات بكميات تكفى لتوزيعها على جميع أجزائها . وتبنى حوائط المرشح بالطوب على قواعد من الخرسانة أو بدونها ويتراوح عمقه بين متر ومتر وربع - على ألا يقل عمق الرمل عن ٦٠ سم والباقى زلط بحجم بوصة أو بوصتين كما يعمل قاع للمرشح مائلا من الجانبين إلى الوسط حيث توضع ماسورة جمع المياه المرشحة ومنها إلى مصرف زراعى قريب .

هـ – الآبار المبيدة Cesspools

وتعرف أيضاً بالآبار بدون قاع أو المجارير وهى عبارة عن آبار مستديرة القطاع يتراوح قطرها بين متر ونصف إلى ثلاثة أمتار تبنى بالطوب الأحمر بمونة الأسمنت والرمل إلى ما تحت أقل منسوب المياه لماء الرشح بمسافة لا تقل عن متر – وتترك هذه الآبار بدون قاع كما أنه قد يترك فتحات (شنابش) فى الجدران – وتغطى من أعلى بسقف من الخرسانة قرب سطح الأرض تترك فيه فتحة يمكن الكشف عليها منها .

طريقة البناء :

لا تختلف عن طريقة تغويص آبار مياه الشرب العادية المفحوتة (ص ١٢٧) المبنية بالطوب أو الدبش .

طريقة الاستعمال :

تستعمل الآبار المبيدة للتخلص من السائل الخارج من أحواض التحليل حيث يتم فيها تكملة عملية التحليل أو التخمير وتتفتيت المواد الصلبة التى تكون مرت خلال حوض التحليل بدون ترسيب وتحويل الجزء الأكبر منها إلى سائل وغاز – فيتصرف الغاز الناتج عن هذه العملية (وهو غاز قابل للالتهاب) بواسطة أنبوبة للتهوية تخترق جدران البئر فوق منسوب سطح الماء وتمتد تحت سطح الأرض إلى أقرب حائط حيث تصعد رأسياً مرتكزة إلى الحائط مع تركها مفتوحة الفوهة بعيداً عن النوافذ مع حماية هذه الفتحة بواسطة شبكة من السلك أو المعدن .

ومن الآبار المبيدة يتسرب السائل إلى الأراضى المجاورة عن طريق قاع البئر أو الفتحات فى الحوائط (الشنايش) . هذا السائل محمل بكميات كبيرة من المواد العضوية الذائبة أو الغير ذائبة فى حالة تعفن شديد إذ أن البكتيريا

الغير هوائية تكون قد عملت على تخميره فى المدة التى بقى فيها السائل فى كل من خزان التحاليل أو البئر المبيد قبل تسربه .

ولكن السائل يتخلص من المواد الصلبة الدقيقة أثناء مروره فى طبقات الأرض - إذ تحجزه الأرض فى مسامها تماماً كما لو كان السائل مر فى مرشح - وبديهى أن الجزء الأكبر من هذه المواد الصلبة الدقيقة تحجز فى طبقات القريبة المحيطة بالبئر - أما المواد الذائبة فتخفف باختلاطها بمياه الرشح وتزداد درجة التخفيف بزيادة المسافة التى تقطعها هذه المياه فى سيرها خلال طبقات الأرض وبذلك يقل خطرها .

الشروط الواجب توافرها لنجاح الآبار المبيدة :

١) عدم وجود مياه الرشح قريبة من سطح الأرض .

٢) أن تكون الأرض مسامية - فاذا كانت الأرض متماسكة عولج ذلك بترك فتحات فى جدران البئر كذلك احاطته بطبقة من كسر الحجر والدقشوم بسمك نحو ٥٠ سم وذلك لمساعدة تسرب المياه إلى الأرض المجاورة وزيادة مساحة السطح الذى تخترقه المياه فيقل خطر سدد مسام الطبقات المحيطة بالبئر مباشرة بالمواد الصلبة .

أما إذا كانت الأرض شديدة التماسك فقد يحتاج الأمر إلى عمل خنادق تملأ بالدقشوم تمتد من البئر إلى باطن الأرض .

عيوب الابار المبيدة :

لما كان السائل الذى يخرج من الآبار المبيدة حاوياً على كثير من المواد العضوية الذائبة وغير الذائبة المتعفنة - وهذه تتسرب إلى الأرض المجاورة منه فان الأرض تأخذ فى التشبع وتمتلىء مسامها فتصبح فى حالة تلوث تام

يهدد الصحة العامة - كما أن هذا التلوث محتمل أن يصل إلى القنوات والترع والآبار الموجودة فى المنطقة عن طريق المياه الجوفية مما يعرض صحة مستعملى المياه للمرض من غير أن يكون لمنظرها ما يدل على تلوثها .

كيف توقى اخطار الابار المبيده :

راجع المساحة الصحية للابار - وهذه تتلخص فى ·

١) أن تبعد عن آبار الشرب مسافة لا تقل عن ٣٠ متر .

٢) أن توضع حيث يكون أتجاه سير المرشح من آبار الشرب إلى البئر المبيد .

٣) ألا تستعمل آبار شرب قديمه بطل استعمالها .

٤) ألا تنشأ آبار مبيدة بأرض جبرية .

كما أنه فى بعض الأحيان يستغنى عن حوض التحليل الموجودة قبل البئر المبيد وفى هذه الحالة يعمل البئر المبيد عمل خزان التحليل بالاضافة إلى عمله الأصلى وهذا غير مستحب لاحتمال انسداد مسام التربة بسرعة .

تم بحمد الله

المراجع

REFERENCES

١ — هندسة البلديات — مياه الشرب

للاستاذ محمد عبد المنعم مصطفى ، الاستاذ محمود و صفى

٢ — الهندسة الصحية — مياه المجارى وتنقيتها

للاستاذ محمد عبد المنعم مصطفى ، الاستاذ محمود و صفى

3) Water supply & sewerage

by :- Ernest W. Steel.

4) Municipal & Rural Sanitation

by :- Ehler & Steel

5) Theory & Practice of filtration

by :- Dickey & Bryden

6) Water Supply Engineering

by :- Babbitt & Doland

7) Water Supply & Waste Water Disposal

by :- Fair & Geyer

8) Water Purification

by :- Elms.

9) Rural Water Supply & Sanitation

by :- Wright

10) Sewage Treatment Works

by :- Keefer

11) Sewerage & Sewage Treatment

by :- Babbitt

12) Sewage Disposal from Isolated Buildings.

by :- G. M. Flood

23) Sewage Treatment

by :- Imhoff & Fair

14) Sewerage & Sewage Disposal

by :- Metcalf & Eddy

15) Water Purification for Plant operator

by :- Norcom & Brouwn

16) Excreta Disposal for Rural areas

by :- Wagner & Lonoix.

17) Principles of Sewage Treatment

by :- William Roudalfs

18) Water Supply & Treatment

by :- Charles Hoover

19) Water Quality & Treatment

by :- American Water Works Association

20) The Work of Public Health Engineer

by :- Escritt & Rich

رقم الإيداع / ٨٤/١٨٥٩

الترقيم الدولى / ISBN ٩٧٧-١٠٣-١٢٣-٦